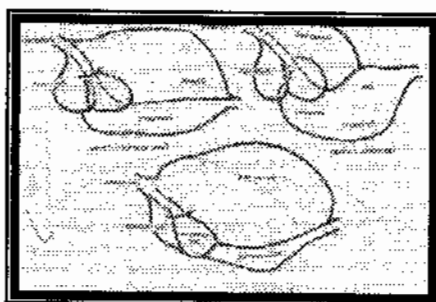


UNTUK KALANGAN SENDIRI

# DIKTAT KULIAH

## RUMINOLOGI DASAR



Oleh

**Didiek Rahmadi**

**Sunarso**

**Joelal Achmadi**

**Eko Pangestu**

**Anis Muktiani**

**Marry Christiyanto**

**Surono**

**Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak**

**Fakultas Peternakan**

**Universitas Diponegoro**

**Semarang**

**2003**

## KATA PENGANTAR

Dalam mempelajari ternak ruminansia, maka kondisi fisiologi dari lambung dengan keempat kompartemennya tak dapat dilupakan kespesifikannya, karena proses pencernaan ternak ruminansia tidak lepas dari peranan mikrobial yang berada di dalam rumen. Untuk itu, Diktat Kuliah Ruminologi Dasar ini disusun untuk mendukung proses belajar mengajar. Namun demikian, mahasiswa masih diwajibkan untuk membaca buku-buku lain yang berkaitan dengan Ruminologi untuk lebih mendalaminya.

Pada kesempatan yang baik ini disampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya pada para staf pengajar di lingkungan Kelompok Dosen Ilmu Makanan Ternak, Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas peternakan Universitas Diponegoro yang telah banyak memberikan saran, masukan maupun kritik yang bersifat membangun.

Harapan penulis, semoga Diktat Kuliah Ruminologi Dasar ini dapat mencapai sasarannya dengan baik.

Semarang, September 1996

Penyusun

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iii
DAFTAR ILUSTRASI .....	iv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
BAB II. ANATOMI DAN FISILOGI LAMBUNG RUMINANSIA DAN PERKEMBANGAN RUMEN SERTA BEBERAPA FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA .....	4
A. Retikulum .....	5
B. Rumen .....	6
C. Omasum .....	12
D. Abomasum .....	13
E. Perkembangan Alat Pencernaan pada Ternak Ruminansia .....	13
F. Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Perkembangan Rumen dan Perubahan yang Terjadi Sejak Lahir Sampai Dewasa .....	17
BAB III KLASIFIKASI DAN PERANAN MIKROBIA RUMEN .....	19
A. Lingkungan Rumen .....	21
B. Keberadaan Populasi Mikrobial Rumen .....	23
C. Macam Mikrobial Rumen .....	24
D. Fungsi Mikrobial Rumen .....	41
E. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Populasi Mikrobial Rumen .....	42
BAB IV KEBUTUHAN NUTRISI MIKROBIA RUMEN .....	47
BAB V METABOLISME ZAT PAKAN DALAM RUMEN DAN ABSORPSINYA .....	51
A. Karbohidrat .....	51
B. Protein .....	54
C. Lipida .....	59
BAB VI PENGUKURAN PROSES-PROSES DEGRADASI DAN MANIPULASI RUMINAL .....	62
A. Pengukuran Proses Degradasi Ruminal secara <i>In Vitro</i> .....	63
B. Pengukuran Proses Degradasi Ruminal secara <i>In Sacco</i> .....	68
C. Manipulasi Ruminal Melalui Mikrobial .....	72
D. Manipulasi Fermentasi Rumen .....	73
E. Proteksi Protein .....	76
F. Proteksi Asam Amino .....	79
DAFTAR PUSTAKA .....	81

## DAFTAR TABEL

1. Kapasitas Alat Pencernaan .....	15
2. Perbandingan Kapasitas Alat Pencernaan .....	16
3. Perkembangan Kapasitas Perut Ruminansia .....	16
4. Rata-rata Komposisi Saliva Rumen (meq/l) .....	22
5. Rata-rata Jumlah dari Berbagai-macam Tipe Mikrobial pada Cairan Rumen Beberapa Spesies Ternak Ruminansia .....	24
6. Distribusi Siliata Rumen pada Beberapa Ternak Ruminansia .....	40
7. Jumlah Spora Fungi dalam Rumen Sapi .....	44
8. Vitamin yang Dibutuhkan oleh Bakteri Rumen .....	48

## DAFTAR ILUSTRASI

Lambung Ruminansia Dilihat dari Sisi Sebelah Kanan .....	2
Isi dalam Rumen Ternak .....	8
Kontraksi Tipe A dan Tipe B .....	9
Degradasi Selulosa oleh Bakteri Rumen .....	27
Degradasi Selulosa oleh <i>R. flavefasciens</i> .....	28
Aktivitas Pektatliase Bakteri Rumen .....	29
Protozoa Berflagelata dalam Rumen .....	37
Metabolisme Protein oleh Mikrobial Rumen .....	56

# BAB I

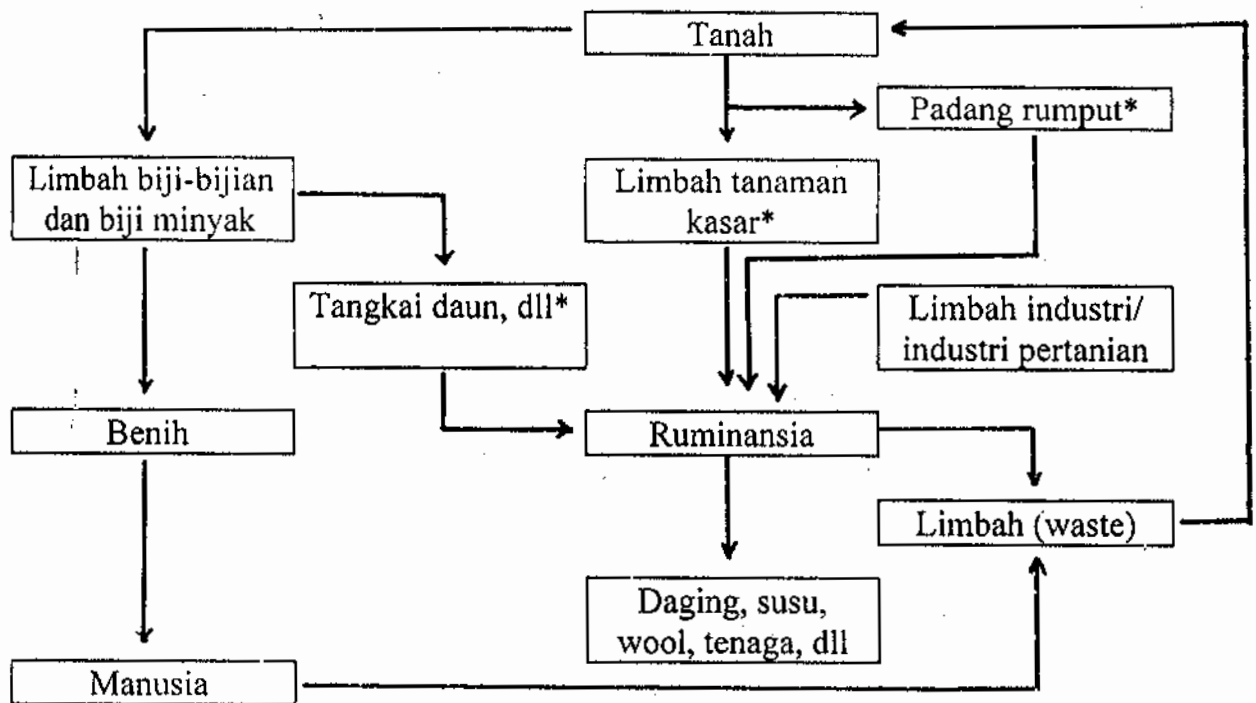
## PENDAHULUAN

Ternak ruminansia termasuk dalam ordo *Artiodactyla* (hewan mamalia berkuku genap) dan sub ordo *ruminantia*. Menurut asal katanya, ruminansia berasal dari bahasa Latin, yaitu *ruminae* yang berarti mengunyah kembali sehingga ruminansia adalah hewan mamalia yang memamah biak atau mengunyah kembali. Spesies ternak ruminansia bagi manusia dirasakan sangat penting keberadaannya, utamanya dalam memanfaatkan bahan pakan berserat, produsen protein hewani, ternak kerja, bahkan kadang-kadang ada yang memanfaatkannya sebagai ternak hiburan (*fancy animal*).

Sebagai ternak herbivora, ruminansia merupakan kelompok ternak yang penting, baik yang sudah mengalami domestikasi maupun yang masih liar. Hal ini mengingat jumlah dan jenis ternak mamalia saat ini semakin berkurang. Pada ordo *Artiodactyla* ada 333 genus yang dapat dideteksi dan hanya 86 genus yang masih hidup. Ternak ruminansia yang sebenarnya (*infra ordo Pecora*) dibagi dalam 3 familia, yaitu *Cervidae* yang terdiri dari 17 genus, familia *Giraffidae* yang terdiri dari 2 genus dan familia *Bovidae* (ruminansia dengan tanduk berlubang) yang terdiri dari 49 genus yang masih hidup.

Peran utama ternak ruminansia dalam penyediaan pangan bagi manusia dapat dilihat pada Ilustrasi 1. Melalui ilustrasi tersebut tampak bahwa ternak ruminansia dapat memanfaatkan limbah pertanian (jerami) dan hasil ikutan industri maupun industri pertanian yang tidak dimanfaatkan secara langsung sebagai pangan manusia. Hal tersebut disebabkan ternak ruminansia dengan bantuan mikrobial yang ada di dalam rumennya mampu mendegradasi selulosa dan komponen serat lain yang digunakan sebagai sumber energi. Di samping itu, ternak ruminansia mampu mengubah nitrogen bukan protein (NBP) sebagai sumber

protein. Dengan demikian, kebutuhan pokok guna pertumbuhan dan hidup pokok ternak dapat terpenuhi dan yang lebih penting lagi adalah penggunaan kedua sumber pakan tersebut tidak menjadi pesaing bagi manusia maupun ternak non ruminansia.



**Ilustrasi 1. Peran utama Ternak Ruminansia dalam Penyediaan Pangan**

\* Sumber nutrisi yang tidak dapat dimanfaatkan oleh manusia secara langsung (non competitive)

Dengan demikian peran ternak ruminansia dalam kehidupan manusia, baik sekarang maupun masa lalu tergolong sangat penting, karena :

- sebagai penghasil daging, susu dan produk ikutan lainnya seperti bulu, kulit, lemak, tepung darah, tepung tulang, dll
- sebagai tenaga kerja tarik dan tenaga kerja di sawah
- dimanfaatkan sebagai hiburan, seperti rodeo, karapan sapi, adu domba, dll

Selain beberapa hal tersebut di atas, peran ternak ruminansia yang tidak kalah pentingnya adalah dalam pemanfaatan tanah yang tidak terpakai bagi pertanian atau perkebunan, yaitu sebagai tempat penggembalaan dan melalui fesesnya sangat baik untuk reklamasi tanah, mengalahkan pupuk buatan.

Dengan memperhatikan hal-hal tersebut di atas, jelas bahwa ternak ruminansia cukup penting untuk dikembangkan sebagai sumber pangan asal hewani (protein hewani) dan penunjang kesuburan lahan pertanian yang sangat berguna bagi manusia.

Ternak ruminansia tergolong ternak yang sangat efektif dalam mengubah barang-barang yang tidak berguna (pemanfaatan limbah pertanian dan industri pertanian) menjadi produk yang berguna untuk kepentingan manusia, misalnya daging, telur, susu. Oleh karena itu, golongan ternak ini biasa disebut dengan bioindustri melalui suatu peristiwa bioproses.



## **BAB II**

### **ANATOMI DAN FISIOLOGI LAMBUNG RUMINANSIA DAN PERKEMBANGAN RUMEN SERTA BEBERAPA FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA**

Pada prinsipnya fungsi saluran pencernaan hewan dimaksudkan untuk mencerna dan mengabsorpsi zat-zat nutrisi dan mengekskresikan sisanya sebagai kotoran. Dengan demikian, fungsinya mempunyai kesamaan pada beberapa spesies. Pada beberapa hewan (ternak) karnivora dan omnivora, lambung relatif sederhana yang disebut sebagai lambung monogastrik. Pada kebanyakan hewan struktur kantong lambung ini sangat esensial karena di dalamnya terdapat kelenjar-kelenjar yang mensekresikan asam hidroklorat (HCl) dan pepsinogen sebagai prekursor pepsin. Renin (sebagai faktor koagulasi susu) dan lipase gastrik yang menghidrolisis lemak disekresikan pada ternak muda.

Perkembangan lambung dan atau intestin pada ternak herbivora mengalami modifikasi, karena mempunyai kemampuan untuk memanfaatkan selulosa dan polisakarida tanaman. Selulosa adalah struktur karbohidrat yang berperan sebagai kerangka pada semua tanaman dan merupakan salah satu bahan organik yang ketersediaannya sangat berlimpah bagi kehidupan ternak herbivora. Hanya ternak ruminansia yang mampu mendegradasi selulosa tanaman menjadi suatu komponen yang bermanfaat untuk membentuk produk-produk, baik untuk kepentingan pokok hidup maupun produksi. Kemampuan memanfaatkan selulosa/ polisakarida tanaman tersebut dimungkinkan mengingat adanya beberapa bakteri dan fungi dalam lambung yang mampu memproduksi enzim selulolitik yang dapat menghidrolisis selulosa menjadi selubiosa dan glukosa.

Lambung ternak ruminansia terdiri dari 4 kompartemen, yaitu **retikulum** (perut jala), **rumen** (perut beludru), **omasum** (perut buku) dan **abomasum**

(perut sejati). Retikulum, rumen dan omasum merupakan **fore stomach**, sedangkan abomasum merupakan **true stomach**.

Kata ruminansia berasal dari bahasa latin *ruminae* yang berarti mengunyah berulang-ulang. Mekanisme ini disebut proses ruminasi, yaitu suatu proses pencernaan yang dimulai dari masuknya pakan dalam rongga mulut lalu masuk ke rumen dan setelah menjadi bolus dimuntahkan kembali (regurgitasi atau dalam kehidupan sehari-hari disebut "*nggayemi*") lalu, dikunyah kembali (remastikasi) dan selanjutnya ditelan kembali (redeglutisi). Proses ruminasi berjalan kira-kira 15 kali sehari, dimana setiap ruminasi berlangsung selama 1 menit sampai 2 jam. Selain terjadi proses ruminasi, pada ternak ruminansia juga terjadi proses eruktasi yang berasal dari kontraksi *dorsal saccus* rumen ke depan yang membawa gas keluar setelah kardia membuka.

#### A. Retikulum

Retikulum merupakan lambung bagian terdepan (*cranial*) dan merupakan bagian rumen dimana dinding retikulum mengandung **mucous membrane** dan terdapat banyak lekukan. Permukaan retikulum mempunyai bentuk kotak-kotak seperti sarang lebah atau jala sehingga retikulum juga sering disebut sebagai perut jala atau **honeycomb**. Permukaan retikulum yang kotak-kotak menyebabkan retikulum dapat menahan pakan kasar. Pakan kasar dapat ditolak oleh retikulum kembali ke dalam mulut untuk dikunyah lagi atau ditolak ke dalam rumen untuk dicerna oleh mikrobial. Retikulum membantu proses ruminasi, dimana bolus diregurgitasi ke dalam mulut.

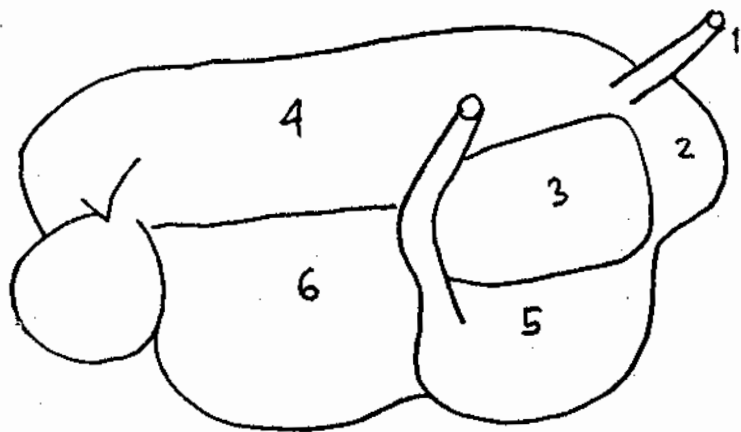
Di dalam retikulum sering dijumpai bahan-bahan bukan berupa pakan yang tanpa sengaja dimakan oleh ternak ruminansia. Batu, sekrap, baid, paku dan sebagainya sering dijumpai dalam kantong bawah retikulum. Oleh karena itu, petani di Amerika Serikat menamakan retikulum sebagai **hardware stomach**.

Lokasi retikulum yang persis di belakang diafragma menempatkannya hampir dalam posisi yang berlawanan dengan jantung sehingga bila ada benda-benda asing cenderung akan diam disitu. Retikulum melekat pada diafragma, kira-kira di belakang rusuk 6 - 8 di sebelah kiri garis median. Selain itu, terjadi kontak antara retikulum dengan diafragma, hati, omasum dan abomasum.

Retikulum berfungsi untuk : 1) menyebarluaskan pakan untuk dicerna, 2) membantu dalam proses ruminasi (regurgitasi), 3) mengatur arus bahan pakan dari retikulo-rumen melalui **reticular-omasal orifice**, 4) lokasi fermentasi, 5) tempat terkumpulnya "junk" - **high density material** dan 6) absorpsi dari hasil akhir proses fermentasi (VFA, amonia, air dan lain-lain).

## B. Rumen

Rumen merupakan suatu kantung muskular yang besar yang terbentang dari diafragma menuju ke pelvis. Rumen dibagi-bagi lagi menjadi kantong-kantong oleh pilar-pilar muskular yang dapat dikenali bila dipandang dari



*Ilustrasi 1. Lambung Ruminansia Dilihat dari Sisi Sebelah Kanan*

Keterangan :

- |              |             |
|--------------|-------------|
| 1. Esophagus | 4. Omasum   |
| 2. Retikulum | 5. Abomasum |
| 3. Rumen     | 6. Duodenum |

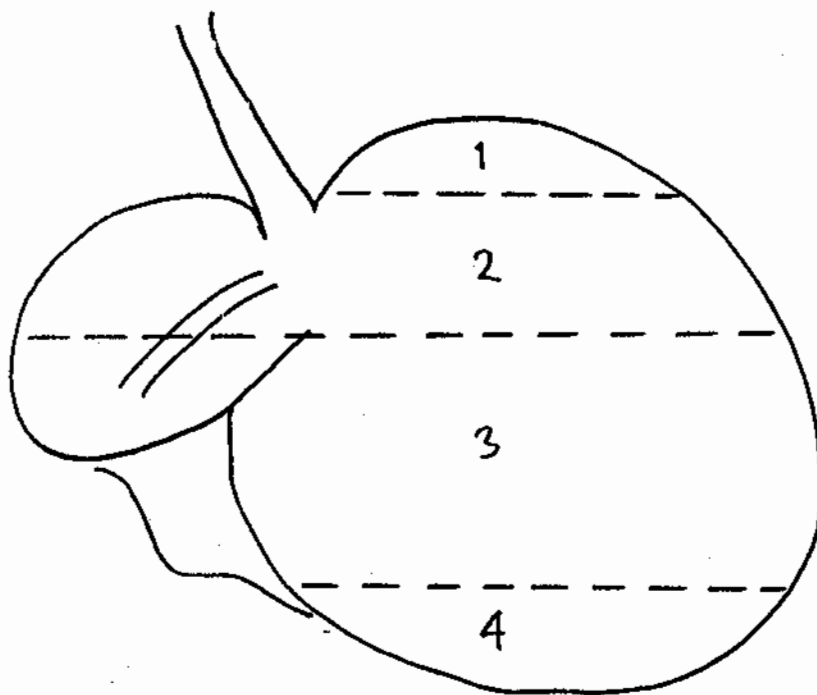
luar rumen. Rumen melebar di tengah-tengah rongga perut (dari atas ke bawah) dan memanjang dari ujung bawah rusuk 7 atau 8 ke belakang menuju ke tulang punggung (pelvis). Permukaan rumen sebelah kiri (**parietal surface**) menempel pada diafragma, dada sebelah kiri dari rongga perut dan limpa (**spleen**), sedangkan permukaan sebelah kanan (**visceral surface**) lebih tidak teratur dan berhubungan dengan omasum dan abomasum, usus, hati, pankreas, buah pinggang kiri, aorta dan *vena cava posterior*. Permukaan sebelah atas mengikuti lengkungan dari diafragma dan otot sub lumbal yang melekat dengan perantaraan peristenum dan jaringan sampai ke *vertebra lumbalis* keempat.

Permukaan mukosa rumen ber-*papillae* dan berwarna hitam sehingga nampak seperti kain beludru kasar, dan oleh karena itu disebut perut beludru. Rumen dan retikulum dihuni oleh mikrobia, yaitu bakteri yang konsentrasinya mencapai  $10^9/\text{cc}$  dan protozoa yang konsentrasinya mencapai  $10^5/\text{cc}$  cairan rumen. Retikulum terpisah dari rumen oleh suatu lipatan retikulo-ruminal. Karena pemisahannya hanya merupakan lipatan, isi rumen dan retikulum dapat tercampur dengan mudah. Oleh karena itu, retikulum dan rumen sering dianggap sebagai suatu kesatuan, yaitu retikulo-rumen. Isi retikulo-rumen dicampur aduk dengan kontraksi berirama yang terus-menerus dari otot-otot dinding dari retikulo-rumen. Retikulum dan rumen merupakan alat pencernaan fermentatif.

Isi rumen dibagi menjadi 4 zone (Ilustrasi 3) yang berturut-turut dari atas ke bawah adalah sebagai berikut :

1. **Gas zone**, tempat akumulasi gas
2. **Pad zone** (floating fiber)
3. **Fluid phase**
4. **High density phase**

Besar kecilnya zona tersebut sangat tergantung pada macam pakan yang dikonsumsi ternak ruminansia.

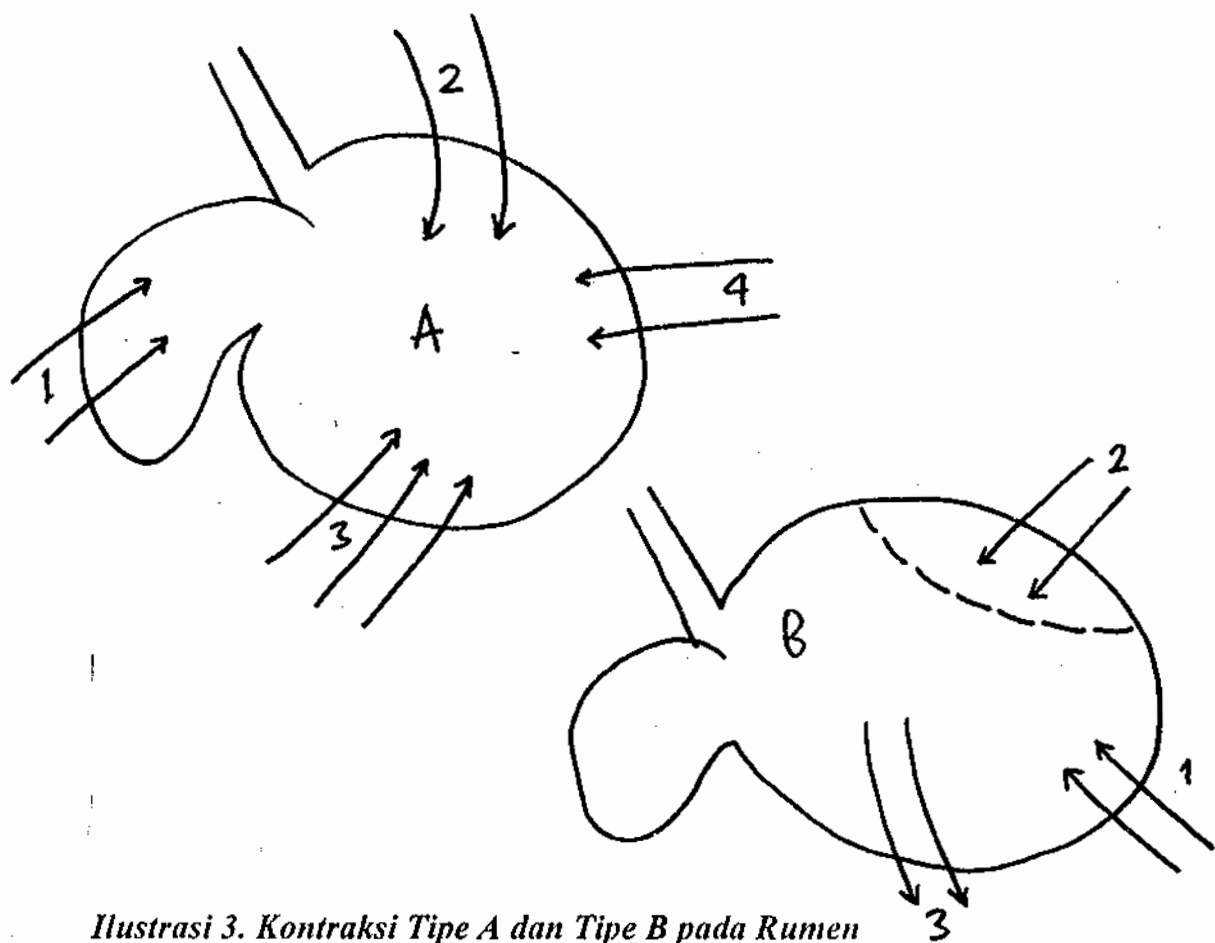


**Ilustrasi 2. Isi dalam Rumen Ternak**

- Keterangan :
1. Gas zone
  2. Pad zone (floating fiber)
  3. Fluid phase
  4. High density phase

### **B.1. Kontraksi pada Rumen**

Terdapat 2 macam kontraksi dasar bagi rumen, yaitu kontraksi tipe A (A sequence) dan kontraksi tipe B (B sequence). Kontraksi tipe A dimulai dari kontraksi *double reticulum* (1), kemudian disusul oleh kontraksi *dorsal rumen* (2) yang dimulai dari muka ke belakang., kemudian kontraksi *saccus ventralis* (3). Sementara itu, bagian dorsal rumen mengalami relaksasi dan akhirnya disusul dengan kontraksi *saccus caudalis* (4) sehingga dari kontraksi-kontraksi ini rumen menjadi teraduk. Frekuensi kontraksi tipe A pada waktu ternak dupuaskan sebanyak 0,9 kali per menit, pada waktu ruminasi 1,1 kali per menit dan 1,4 kali per menit pada waktu ternak sedang makan.



*Ilustrasi 3. Kontraksi Tipe A dan Tipe B pada Rumen*

Tujuan kontraksi tipe A adalah :

1. Mengaduk pakan di dalam rumen
2. Inokulasi oleh mikrobia sehingga aktivitas mikrobia rumen bertambah
3. Laju arus ingesta bertambah
4. Penyerapan oleh mukosa rumen

Kontraksi tipe B (**B sequence**) dimulai secara sporadis. Arahnya berlawanan dengan kontraksi tipe A, tetapi retikulum tidak ikut berkontraksi. Kontraksi tipe B ini dimulai dari *posterior ventral blind sacs* (1), kemudian disusul dengan kontraksi *posterior dorsal sacs* (2) ke anterior sehingga lapisan gas berpindah dari *cranial dorsal* yang diakhiri atau diteruskan oleh kontraksi *saccus ventralis* (3). Dengan demikian, tujuan dari kontraksi B ini adalah untuk mengeluarkan gas (eruktasi).

Gerak kontraksi rumen-retikulum ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Distensi (derajat ketegangan) sekitar **reticulo-ruminal fold (RRF)** dan **ventro cranial sacs**. Derajat ketegangan antara 4 - 20 mmHg merangsang kontraksi, sedang di luar kisaran tersebut dapat menghambat kontraksi.
2. Derajat keasaman (pH). Jika pH abomasum kurang dari 2, maka kontraksi rumen akan bertambah frekuensinya.
3. Kadar glukosa darah. Peristiwa hipoglisemia dapat merangsang kontraksi rumen.

Rumen berfungsi untuk : 1) menyimpan bahan pakan untuk seterusnya mengalami proses digesti (dicerna), 2) lokasi proses fermentasi, 3) proses absorpsi hasil akhir fermentasi dan 4) proses pencampuran (**mixing**) dan pencernaan ingesta.

Beberapa hal penting yang erat hubungannya dengan aktivitas rumen adalah :

1. Prehensi
2. Mastikasi
3. Ensalivasi
4. Deglutisi
5. Eruktasi
6. Ruminasi
7. Aktivitas lambung

**Prehensi.**-- Prehensi adalah suatu proses gerakan untuk memperoleh (mengambil) pakan dan memasukkannya ke dalam mulut. Proses ini umumnya berbeda pada beberapa spesies ternak. Bagian-bagian gigi, bibir dan lidah berfungsi sebagai organ untuk prehensi.

**Mastikasi.**-- Mastikasi disebut pula **chewing** (mengunyah). Merupakan proses kelanjutan dari prehensi. Pada herbivora, geraham atas lebih besar dari geraham bawah. Pakan di dalam mulut seolah-olah digerus antara geraham atas dan bawah dengan sangat cepat. Biasanya, ternak muda mengunyah pakan lebih baik daripada ternak tua. Gerakan geraham pada sapi yang mengunyah pakan konsentrat sebesar 95 kali, sedangkan untuk pakan hijauan sebesar 78 kali. Tujuan mastikasi adalah mengurangi ukuran partikel pakan dan sekresi saliva.

**Ensalivasi.**-- Ensalivasi adalah peristiwa keluarnya ludah dari kelenjar ludah dan masuk ke dalam mulut. Ada 2 kelompok kelenjar ludah, yaitu :

**1. Alcaligenic Glands**

Ludah yang disekresikan banyak mengandung bikarbonat, tetapi sedikit mengandung muko protein atau bersifat cair (**low viscous**), misalnya kelenjar *parotid*, *inferior molar*, *buccal* dan *pallatin*.

**2. Mucogenic Glands**

Ludah yang disekresikan banyak mengandung muko protein atau bersifat kental (**viscous**), misalnya kelenjar *sub maxillar*, *sub lingual*, *labial* dan *pharyngeal*.

**Deglutisi.**-- Deglutisi adalah proses penelanan pakan. Deglutisi dibagi menjadi 3 fase, yaitu :

1. Fase meninggalkan mulut.
2. Fase dalam *pharynx*.
3. Fase dalam esofagus masuk ke dalam retikulo-rumen.

**Eruktasi.**-- Eruktasi adalah proses keluarnya gas dari rumen ke mulut. Ada pula yang menyebutnya sebagai **bleching**.



**Ruminasi.--** Ruminasi meliputi 4 aktivitas, yaitu :

1. Regurgitasi
2. Remastikasi
3. Reensalivasi
4. Kedeglutisi

**Aktivitas Lambung.--** Mobilitas retikulo-rumen dipengaruhi oleh *nervus vagus* (para symphatic) dan dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu tipe A dan tipe B.

### C. Omasum

Omasum merupakan lambung ruminansia yang ditaburi oleh lamina pada permukaannya sehingga menambah luas permukaannya. Permukaan omasum terdiri atas lipatan-lipatan (*fold*) sehingga nampak berlapis-lapis, tersusun seperti halaman-halaman buku, maka disebut juga sebagai perut buku atau *manyplies*. Omasum dihubungkan dengan retikulum oleh sebuah lubang yang dinamakan retikulo-omasal. Mulai dari retikulo-omasal membentang sampai ke lubang esofagus ke dalam omasum terdapat sebuah lekukan yang berbentuk seperti selokan atau saluran air. Saluran ini dinamakan *sulcus oesophagii*. Omasum tidak mempunyai hubungan langsung dengan rumen, tetapi digesta yang sudah halus dapat masuk ke dalam omasum. Keberadaan *sulcus oesophagii* menyebabkan digesta cair dapat masuk secara langsung dari esofagus ke dalam omasum tanpa singgah di dalam rumen. Pada saat dilahirkan dan periode menyusu, *sulcus oesophagii* dapat membentuk sebuah tabung sehingga air susu yang diminum tidak tercecer ke dalam rumen dan retikulum dan menjadi pakan mikrobia.

Omasum dihubungkan dengan retikulum oleh saluran yang sempit dan pendek, terletak di sebelah kanan garis median, di belakang rusuk ketujuh sampai kesebelas dan berbentuk spheris.

Omasum berfungsi untuk : 1) mengatur arus ingesta ke abomasum melalui **omasal-abomasal orifice**, 2) penggilingan dengan *laminae*, 3) menyaring (terutama partikel yang besar), 4) lokasi fermentasi dan 5) absorpsi material pakan dan air sehingga banyak material pakan menjadi lebih kering di omasum.

#### **D. Abomasum**

Abomasum merupakan tempat pertama terjadinya pencernaan pakan secara kimiawi karena adanya sekresi getah lambung. Abomasum sama dengan perut manusia. Mukosa abomasum terdiri atas sel-sel kelenjar yang menghasilkan HCl dan pepsinogen seperti pada mamalia lain. Karena itu disebut pula sebagai perut sejati (**true stomach**) atau perut kelenjar (**gland stomach**). Di dalam abomasum terdapat 3 tipe kelenjar (**glands**), yaitu : 1) **cardiac gland** (mucous), 2) **fundic gland** dengan 3 tipe sel, yaitu **body chief cell** (enzymes), **neck chief cell** (mucous) dan **parietal cell** (HCl) dan 3) **pyloric gland** (mucous).

Abomasum berfungsi untuk : 1) mengatur arus ingesta ke usus kecil yang dibantu oleh adanya **folds** atau **ridges** yang membantu pergerakan material, 2) permulaan dari **enzymatic** dan **chemical digestive processes**.

#### **E. Perkembangan Alat Pencernaan pada Ternak Ruminansia**

Kapasitas alat pencernaan mulai dari ternak ruminansia ke arah ternak omnivora adalah semakin kecil (Tabel 1 dan Tabel 2). Namun demikian, kapasitas perut sejati dibandingkan dengan kapasitas seluruh alat pencernaan semakin besar. Misalnya, kapasitas perut sejati ruminansia hanya 5 - 7%, kuda 8 - 9%, orang atau manusia 16 - 17% dan babi 29 - 30%. Bahkan pada ternak karnivora, kapasitas perut sejati lebih besar lagi, yaitu berkisar antara 60 - 70%.

Keadaan perut seperti itu, erat hubungannya dengan jenis pakan yang dimakannya. Ternak ruminansia dan kuda adalah pemakan tanaman. Bahan pakan yang dimakannya mengandung serat kasar yang relatif tinggi, sehingga ternak tersebut tidak akan memperoleh keuntungan apabila mempunyai perut sejati yang besar. Yang dibutuhkan oleh ternak yang bahan pakannya mengandung serat kasar tinggi adalah alat pencernaan fermentatif. Keberadaan mikrobia dalam alat pencernaan fermentatif menyebabkan selulosa bahan pakan dapat dicerna oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh mikrobia.

Pada ternak ruminansia, kebutuhan akan alat pencernaan fermentatif tersebut dipenuhi oleh rumen dan retikulum. Sedangkan pada kuda dipenuhi oleh sekum dan kolon. Babi sebagai hewan pemakan segala (omnivora), alat pencernaannya boleh dikatakan terletak pada perbatasan antara kuda dengan manusia. Selain dibekali dengan perut yang lebih besar daripada perut sejati ruminansia, babi juga dibekali dengan alat pencernaan fermentatif berupa sekum dan kolon seperti halnya kuda. Walaupun tidak sebanyak konsumsi hijauan pada sapi dan kuda, babi juga memakan hijauan dalam jumlah yang jauh lebih besar daripada omnivora lain.

Suatu perbedaan lain yang nampak pada Tabel 1 dan 2 adalah perbedaan panjang usus. Besar perut berbanding terbalik dengan panjang usus. Semakin besar perut, semakin pendek usus. Semakin mudah bahan pakan dicerna, semakin besar perut dan semakin pendek usus.

Sejak dilahirkan sampai dewasa, perut ruminansia mengalami perubahan. Pada saat dilahirkan, ruminansia merupakan omnivora, dimana sebagian besar perutnya berupa perut sejati (abomasum). Pada saat lahir, ukuran rumen sangat kecil, kemudian berkembang dengan pesat. Proses pencernaan pada saat lahir seperti pada hewan monogastrik, kemudian rumen berkembang sehingga akhirnya mencapai kapasitas sebesar 4 - 6 kali lebih besar daripada kapasitas abomasum.

**Tabel 1. Kapasitas Alat Pencernaan**

Perbandingan	Orang	Babi	Kuda	Domba	Sapi
Bobot hidup dewasa (kg)	71	190	450	80	575
Retikulo-rumen (liter)	-	-	-	17	125
Persen dari bobot	-	-	-	21	22
Omasum (liter)	-	-	-	1	20
Persen dari bobot	-	-	-	1,2	3,5
Abomasum (liter)	1	8	8	2	15
Persen dari bobot	1,4	4,2	1,8	2,5	2,6
Usus halus (liter)	4	9	27	6	65
Persen dari bobot	5,6	4,7	6,0	7,5	11
Usus besar (liter)	1	9	41	3	25
Persen dari bobot	1,4	4,7	9,1	3,8	4,3
Sekum	-	1	14	1	10
Persen dari bobot	-	0,53	3,1	1,2	1,7
Seluruh perut (liter)	1	8	8	20	160
Persen dari bobot	1,4	4,2	1,2	25	28
Seluruh alat pencernaan (liter)	6	27	90	30	260
Persen dari bobot	8,4	14	20	38	45

Pada saat ternak ruminansia lahir, rumen merupakan suatu bagian yang kecil dan hampir kosong. Penghisapan dan penelanan cairan (susu) menyebabkan tertutupnya *oesophageal groove*, sehingga susu tidak melewati rumen tetapi langsung masuk ke abomasum. Rumen berkembang dengan cepat pada ternak ruminansia yang masa awal pertumbuhannya dipelihara pada suatu pastura. Pakan ternak ruminansia yang masa awal pertumbuhannya hanya terbatas pada susu saja, maka perkembangan rumennya akan berjalan lambat. Ternak ruminansia muda mulai memamah biak pada umur 2 minggu apabila disediakan hijauan. Rumen berkembang paling cepat, diikuti oleh retikulum, omasum dan abomasum. Kompartemen perut ini mencapai proporsi ukuran dewasa setelah ternak berumur 56 hari.

## **F. Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Perkembangan Rumen dan Perubahan yang Terjadi Sejak Lahir Sampai Dewasa**

Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap perkembangan rumen ada- lah :

### **1. Pakan Kasar**

Pakan kasar merupakan stimulus fisik bagi perkembangan rumen. Pakan kasar tersebut merupakan perangsang bagi pertumbuhan *papillae* rumen.

### **2. Produk Fermentasi**

Asam lemak atsiri atau sering dikenal dengan **volatile fatty acid (VFA)** merupakan perangsang kimia bagi pertumbuhan *papillae* rumen. Asam lemak atsiri tersebut dimetabolisasikan oleh *papillae* rumen. Dengan demikian, segala sesuatu yang mempercepat terjadinya pencernaan fermentatif dalam rumen cenderung mempercepat perkembangan rumen.

### **3. Cepat tidaknya mendapat inokulum mikrobial dari induk semang lewat air liur (cud inoculation), tetapi tidak mempercepat perkembangan rumen atau menambah kapasitas rumen, hanya mempercepat fungsi rumen.**

Perubahan lain yang terjadi pada ruminansia sejak lahir sampai dewasa adalah :

### **1. Sumber Energi**

Pada saat lahir, sumber energi sebagian besar berupa glukosa dan lemak. Sumber energi hewan dewasa berupa asam lemak atsiri (VFA).

### **2. Enzim**

Kegiatan enzim glikogenolisis ruminansia muda lebih tinggi daripada hewan dewasa, sedangkan pada hewan dewasa, kegiatan enzim glukoneogenesisnya lebih tinggi daripada hewan muda, sehingga ruminansia muda lebih mampu memanfaatkan glukosa daripada hewan dewasa. Pada saat lahir, kadar

glukosa darah ruminansia sama tingginya dengan hewan monogastrik, yaitu berkisar antara 100 - 120 mg%.

Selain itu, enzim-enzim peptidase pada saat lahir rendah kegiatannya, akan tetapi rennin dan pregastric esterase lebih tinggi kegiatannya daripada hewan dewasa. Hal ini memberikan keuntungan, yaitu gamma globulin yang terdapat dalam kolostrum (air susu yang dihasilkan oleh induk hewan pada beberapa hari pertama setelah melahirkan) dapat dimanfaatkan atau diserap oleh hewan. Misalnya, pada 24 jam pertama setelah anak sapi dilahirkan, ususnya dapat menyerap **gamma globulin**. Protein ini sangat penting karena merupakan bahan bagi pembentukan zat-zat kekebalan (antibodi) terhadap penyakit. Setelah lewat 24 jam, usus tertutup terhadap penyerapan protein. Semua protein, setelah lewat 24 jam akan diserap sebagai asam amino. Rendahnya peptidase dalam rumen juga memberikan keuntungan bagi ruminansia muda karena protein air susu tidak banyak dirombak menjadi  $\text{NH}_3$ . Sementara itu, enzim-enzim peptidase, selulase dan urease dalam rumen hewan dewasa lebih banyak dan lebih giat kerjanya.

## BAB III

### KLASIFIKASI DAN PERANAN MIKROBIA RUMEN

Ternak ruminansia mempunyai bagian saluran pencernaan yang berkembang besar yang disebut sebagai rumen. Rumen merupakan kantong fermentasi alami yang dianggap misterius dan selalu menarik minat para ilmuwan untuk menelitinya. Rumen mampu menampung pakan berserat (sebagai bagian dari ransum) dalam jumlah cukup besar, sehingga pakan dapat tinggal dalam rumen untuk difermentasi oleh mikrobia rumen dan pada gilirannya produk fermentasi tersebut dimanfaatkan ternak guna proses produksi seperti produksi air susu, daging dan wool.

Pada ternak ruminansia, bahan pakan di-ingesta secara besar-besaran, kemudian untuk pertama kalinya dicerna secara fermentatif oleh bakteri dan protozoa yang berada di dalam retikulo-rumen dan selanjutnya mengalami digesti secara hidrolisis oleh enzim yang disekresikan oleh omasum dan abomasum. Pakan yang mengalami digesti mikrobia rumen diperkirakan sebesar 70 - 85% dari total pencernaan bahan kering di dalam rumen. Kebanyakan pakan tadi didigesti oleh enzim yang dihasilkan mikrobia rumen dibanding enzim yang dihasilkan oleh ternak.

Ada beberapa proses digesti yang unik di dalam rumen, di antaranya adalah pemecahan (degradasi) selulosa. Keunikan degradasi selulosa ini dihadapkan pada kenyataan bahwa ternak mamalia tidak mensekresikan enzim selulase. Ternak ruminansia sangat tergantung pada mikrobia rumen untuk melepaskan enzim pencernaan selulosa. Pemecahan protein dan nitrogen bukan protein (NBP) di dalam rumen sangat disukai bagi aktivitas mikrobia rumen, dan aktivitas proteolitik di dalam rumen ini dilakukan setiap waktu. Sejumlah asam amino dalam rumen diabsorpsi langsung oleh ephitelium rumen akan ikut bersirkulasi melalui darah

dan kembali tersedia menjadi urea saliva yang kemudian akan dikeluarkan lagi bagi rumen bersama pakan. Siklus urea dapat menjadi penting pada ternak yang mendapat ransum dengan kandungan nitrogen yang rendah dan hal tersebut nampak menjadi lebih efisien penggunaannya dalam ransum yang banyak mengandung karbohidrat, sebab nitrogen selalu tersedia dan dapat membantu ternak ruminansia beradaptasi terhadap pemberian pakan yang miskin kandungan nitrogennya.

Untuk mengatasi kondisi yang kurang baik di dalam rumen, mikrobia rumen juga akan mensintesis secara nyata sejumlah vitamin dan protein yang mengandung semua asam amino esensial. Fermentasi rumen juga mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses metabolisme ternak dan fungsi mikrobia rumen tentunya baik sekali dalam membantu metabolisme zat gizi ternak ruminansia. Pengetahuan mendasar mengenai mikrobia rumen dibutuhkan sekali guna mengoptimalkan efisiensi ransum dan lebih mengontrol metabolisme dalam rumen. Di samping itu, rumen juga merupakan habitat mikrobia yang alami sebab mempunyai kondisi lingkungan yang relatif lebih konstan. Ada 2 tipe sistem fermentasi mikrobia pada ternak herbivora :

1. Pencernaan mikrobia terjadi sebelum pakan dicerna oleh enzim lambung dan diabsorpsi, yakni ternak ruminansia (sapi, kerbau, kambing, domba, rusa, dll). Digesti oleh mikrobia terjadi di dalam rumen, bagian pertama dari lambung. Beberapa pencernaan mikrobia yang tidak penting juga terjadi di dalam sekum (*caecum*) yang sama baiknya. Pada ternak ruminansia, semua pakan yang dicerna mikrobia dan semua produk akibat aktivitas mikrobia ini diabsorpsi oleh ternak.
2. Pencernaan mikrobia terjadi setelah pencernaan lambung dan usus kecil, yaitu pada bagian kolon (*colon*) pada ternak kuda dan di dalam sekum pada ternak kelinci.



Pada hewan omnivora (juga manusia), sejumlah sisa pakan akan didegradasi mikrobial pada usus besar dan kebanyakan produk yang dihasilkan tidak semuanya dimanfaatkan oleh hospes (hewan omnivora).

### **A. Lingkungan Rumen**

Sistem retikulo-rumen merupakan suatu sistem yang menempati suatu bagian yang besar dalam rongga tubuh. Pada sapi, volumenya kurang lebih 100 liter dan pada domba volumenya kurang lebih 8 liter. Material pakan ditempatkan dalam rumen dalam jangka waktu yang cukup lama sebagai subjek dari aksi mikrobial yang ada dalam rumen.

Rumen merupakan suatu habitat yang eksepsional karena membutuhkan kondisi kelembaban, pH, temperatur dan keadaan anaerob yang konstan untuk proliferasi bagi mikrobial yang ada di dalamnya. Tipe pakan dan sejumlah kecil oksigen di dalam rumen dapat menjaga pertumbuhan banyak sekali tipe mikrobial yang ada di dalam rumen.

Temperatur rumen berkisar antara 38 - 42°C. Pakan yang banyak mengandung konsentrat cenderung menghasilkan pH yang rendah dibandingkan pakan berserat karena fermentasi yang ada berjalan lebih cepat. Pada umumnya, pH berkisar antara 6 - 7. Ini merupakan pH optimum yang sesuai untuk pertumbuhan sebagian besar bakteri dan protozoa rumen yang utama. pH rumen terutama diatur oleh adanya regulasi masuknya saliva, buffer bikarbonat fosfat (pH kurang lebih 8,2) dan material anorganik saliva yang komposisinya dapat dilihat pada Tabel 4.

*Tabel 4. Rata-rata Komposisi Saliva Rumen (meq/l)*

Material Anorganik	Jumlah
Na <sup>+</sup>	177
K <sup>+</sup>	8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	104
HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	52
Cl <sup>-</sup>	17
Ca <sup>++</sup>	1
Mg <sup>++</sup>	1

Mekanisme lebih lanjut mengenai pengaturan (regulasi) pH rumen adalah melalui absorpsi asam lemak atsiri (VFA) dan NH<sub>3</sub> dari rumen. Tekanan osmosa ingesta tertahan pada level yang rendah (- 400 mV). Dengan demikian aktivitas mikrobial rumen menjadi intensif dan tekanan oksigen yang rendah pada daerah gas phase. Analisis macam gas yang ada di dalam rumen umumnya adalah karbondioksida (CO<sub>2</sub>) 65%, metana (CH<sub>4</sub>) 27%, nitrogen (N<sub>2</sub>) 7%, oksigen (O<sub>2</sub>) 0,6%, hidrogen (H<sub>2</sub>) 0,2% dan H<sub>2</sub>S 0,01%. Sejumlah oksigen dapat masuk (bertambah) melalui pakan. Hal ini segera dimanfaatkan oleh sejumlah populasi mikrobial rumen yang bersifat aerob-fakultatif atau mungkin juga dikeluarkan melalui eruktasi pada saat terjadi metabolisme gas.

Oksigen yang masuk bersama bahan pakan digunakan secara cepat oleh populasi mikrobial yang ada atau mungkin dikeluarkan dengan cara eruktasi bersama-sama gas hasil metabolisme.

Volume saliva yang disekresikan oleh ternak ruminansia cukup besar. rata-rata sekresi saliva harian pada ternak domba berkisar antara 6 - 16 liter dan pada ternak sapi berkisar antara 98 - 198 liter. Volume tersebut lebih besar daripada jumlah total air yang diminum ternak setiap harinya.

## B. Keberadaan Populasi Mikrobial Rumen

Populasi mikrobial rumen tergantung pada pakan yang dikonsumsi. Adalah suatu hal yang tidak mungkin apabila hanya dilihat hubungan antara umur dengan mikroflora yang ada. Karena beberapa tipe bakteri rumen pada ruminansia dewasa terutama menghasilkan asam-asam lemak dan produk metabolik. Populasi mikrobial rumen pertama kali pada ternak yang sangat muda pada dasarnya hampir sama dengan mikrobial yang ada dalam abomasum yang mengandung sejumlah besar bakteri asam laktat, streptokokus dan koliform.

Populasi mikrobial yang ada dalam rumen terbagi dalam 2 fase, yaitu :

### 1. Fase I (Fase Keberadaan Bakteri)

Bakteri-bakteri yang ada dalam rumen tidak muncul secara bersamaan, namun munculnya berbeda-beda pada umur tertentu. Macam bakteri yang muncul berkaitan dengan umur ternak adalah sebagai berikut :

<u>Organisme</u>	<u>Umur Ternak</u>
a. Bakteri asam laktat	1 - 6 minggu
b. Bakteri selulolitik	setelah umur 3 minggu
c. Bakteri anaerob-fakultatif	umur 3 - 6 minggu
d. Bakteri tipe lain yang ada pada ternak dewasa	setelah umur 6 minggu
e. Seluruh tipe bakteri yang ada pada ternak dewasa	umur 13 minggu

### 2. Fase II (Fase Keberadaan Protozoa)

Keberadaan protozoa dalam rumen tergantung pada kontak yang dekat antara ternak muda dan dewasa serta jika pH rumen di atas nilai 6,5. Namun demikian, secara umum protozoa rumen mulai muncul apabila ternak telah mencapai umur rata-rata 6 minggu. Tipe protozoa yang ada tergantung pada

tipe dan macam bahan pakan. Yang perlu diingat adalah bahwa holotrich muncul pertama kali.

### C. Macam Mikrobial Rumen

Tappeiner merupakan peneliti pionir yang mengidentifikasi mikroflora rumen pada tahun 1884 dan meyakinkan bahwa konversi selulosa menjadi konstituen yang lebih kecil dilakukan oleh mikrobial.

Mikrobial yang ada di dalam rumen merupakan populasi campuran dari bakteri, protozoa, *oscillospira* dan ragi (yeast) serta kapang (mould). Flora bakterial berkembang setelah ternak disuplai oleh materi pakan padat. Introduksi pakan dan air pada umur yang berbeda menyebabkan variasi dari flora dan fauna rumen yang ada. Selain itu, kontak dengan ternak lain juga dapat menimbulkan macam flora dan fauna yang berbeda pula. Jumlah mikrobial rumen pada spesies ternak yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 5.

*Tabel 5. Rata-rata Jumlah dari Berbagai-macam Tipe Mikrobial pada Cairan Rumen Beberapa Spesies Ternak Ruminansia*

Tipe Organisme	Kerbau	Sapi	Domba
1. Jumlah total bakteri ( $\times 10^{10}$ )	6,9 - 32,7	5,4 - 31,4	18,0 - 88,0
2. Protozoa ( $\times 10^4$ )	1,8 - 13,8	0,3 - 19,7	1,4 - 7,8
3. <i>Oscillospira</i> ( $\times 10^4$ )	4,7 - 16,7	6,1 - 8,5	---
4. Ragi ( $\times 10^3$ )	6,0 - 18,0	0,0 - 10,0	8,0 - 13,0

#### C.1. Bakteri

Bakteri yang ada di dalam rumen jumlahnya kurang lebih  $10^{10}$  -  $10^{11}$  sel per gram isi rumen. Sebagian besar bersifat anaerob, tetapi ditemui pula yang bersifat anaerob fakultatif sejumlah  $10^7$  -  $10^8$  sel per gram isi rumen pada beberapa ternak

ruminansia. Ada 22 genus dan 63 spesies bakteri yang berhasil diidentifikasi di dalam rumen, namun hanya 16 genus dan 28 spesies bakteri yang sangat dominan peranannya dalam metabolisme zat gizi ransum.

Bakteri yang ada dalam rumen dapat diklasifikasikan berdasarkan :

1. Aktivitas biokimia
2. Kebutuhan oksigen
3. Morfologi

#### **C.1.1. Kelompok Bakteri Berdasarkan Aktivitas Biokimia**

Berdasarkan aktivitas biokimianya, bakteri dapat dikelompokkan menjadi bakteri amilolitik (pencerna pati), bakteri selulolitik, bakteri hemiselulolitik, bakteri lipolitik, bakteri proteolitik, bakteri methanogenik, bakteri ureolitik, bakteri pengguna sulfat, bakteri pengguna gula sederhana dan bakteri pengguna senyawa asam antara.

##### **C.1.1.1. Bakteri Amilolitik (Bakteri Pencerna Pati)**

Bakteri ini utamanya menghidrolisis pati karena adanya enzim amilolitik yang ditemukan dalam rumen (dalam bentuk  $\alpha$ -amilase) yang disekresikan secara ekstraseluler oleh mikrobia tertentu. Amilase yang dihasilkan tersebut merupakan metalo enzim (ion Ca). Metalo enzim yang lain adalah P, yaitu fosforilase yang dihasilkan oleh *Streptococcus bovis* sehingga degradasi maltosa menjadi glukosa-1-fosfat dapat menghemat energi dalam bentuk ATP. Beberapa bakteri selulolitik secara alami juga merupakan bakteri amilolitik. Produk fermentasi bakteri amilolitik adalah laktat, format, asetat, suksinat, propionat dan butirat.

Spesies bakteri amilolitik yang juga merupakan bakteri selulolitik adalah *Clostridium locheadii*, *Bacteroides succinogenes* dan *Butyrivibrio fibrisolvens*.

Spesies bakteri amilolitik non selulolitik antara lain adalah *Bacteroides amylophyllus*, *Bacteroides ruminicola*, *Streptococcus bovis*, *Succinimonas amyloplitica* dan *Selenomonas ruminantium*.

#### C.1.1.2. Bakteri Selulolitik (Bakteri Pencerna Selulosa)

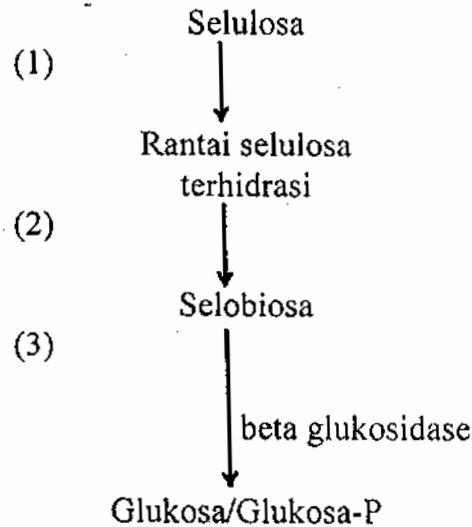
Bakteri yang menyerang selulosa terdapat kurang lebih 5% dari total populasi bakteri dalam rumen. bentuk bakteri selulolitik yang ada adalah bentuk benang (**rod**) atau bulat (**coccus**). Kelompok bakteri ini umumnya responsif untuk mendegradasi selulosa pakan. Bakteri kelompok ini juga memfermentasikan glukosa, selobiosa, selulosa, pektin, pati, D-silosa, maltosa, sukrosa, salesin, fruktosa, L-silosa dengan menghasilkan asetat, suksinat, format, butirrat, asetat, propionat, asam diaminopimelat, ethanol, karbondioksida dan hidrogen.

Berdasarkan atas jumlah populasi bakteri di dalam rumen dan kemampuannya mendegradasi selulosa, maka bakteri selulolitik berbentuk benang yang terdapat dalam jumlah melimpah dalam rumen adalah *Bacteroides succinogenes*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Clostridium locheadii*, *Clostridium longisporm*, *Cillobacterium cellulosolvens* dan *Cellulomonas fimi*. Sedangkan bakteri selulolitik yang berbentuk bulat adalah *Ruminococcus albus* dan *Ruminococcus flavefasciens*.

Bakteri pencerna selulosa jumlahnya berkisar antara 3 - 7% dari total mikroflora. Selulosa yang dicerna dalam rumen kurang lebih 1/3 (sepertiga) dari total substrat yang difermentasi.

Jumlah populasi bakteri selulolitik tinggi jika ransum banyak mengandung hijauan kasar, dan jumlahnya dapat sangat tinggi jika dalam ransum tersebut juga ditambahkan biji-bijian. *Bacteroides succinogenes* telah diketahui melepaskan selulase yang bersifat ekstraseluler dan kemudian berdifusi dengan lingkungan di dalam rumen. Kajian terhadap *Ruminococcus albus* mengindikasikan bahwa

selulase kompleks yang dihasilkan terdiri atas beberapa enzim selulase yang mempunyai fungsi spesifik dan secara bertahap dalam mendegradasi selulosa menjadi glukosa (Ilustrasi 4).



*Ilustrasi 4. Degradasi Selulosa oleh Bakteri Rumen*

Enzim selulase yang dihasilkan bakteri ada 2 tipe, yaitu  $C_1$  yang bertindak sebagai faktor afinitas/aktivitas dan  $C_x$  sebagai faktor hidrolitik. Pertama, substrat akan bergabung dengan enzim  $C_1$  atau substansi, sehingga akan mengaktifkan enzim selulase yang sebenarnya. Enzim tersebut dipercaya mampu memecah ikatan antarserat sehingga serat mengembang dan berkurang kekuatannya (Ilustrasi 4, tahap 1). Pada tahap 2, enzim selulase akan memecah rantai selulosa menjadi disakarida (selubiosa). Pada tahap 3, ada 2 mekanisme pemecahan selubiosa menjadi glukosa. Mekanisme pertama dapat terjadi pemecahan secara hidrolitik (penambahan air) dan mekanisme kedua pemecahan fosforolitik (penambahan P anorganik), yang diperlihatkan pada Ilustrasi 5.

- a. Hidrolitik : Selubiosa  $\xrightarrow[\text{enzim}]{+ \text{H}_2\text{O}}$  2 Glukosa
- b. Fosforolitik : Selubiosa  $\xrightarrow[\text{enzim}]{+ \text{PO}_4}$  Glukosa + Glukosa-1-P

### ***Ilustrasi 5. Degradasi selulosa oleh R. flavefasciens***

*Ruminococcus flavefasciens* mendegradasi selulosa melalui jalur fosforolitik dan tidak menggunakan glukosa bebas. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas selulase bakteri rumen dalam mendegradasi selulosa menjadi glukosa adalah kandungan lignin, kandungan silika, kandungan inhibitor spesifik dalam tanaman seperti komponen fenolik, kristalinitas selulosa dan ketersediaan faktor tumbuh bagi bakteri selulolitik seperti asam lemak rantai cabang.

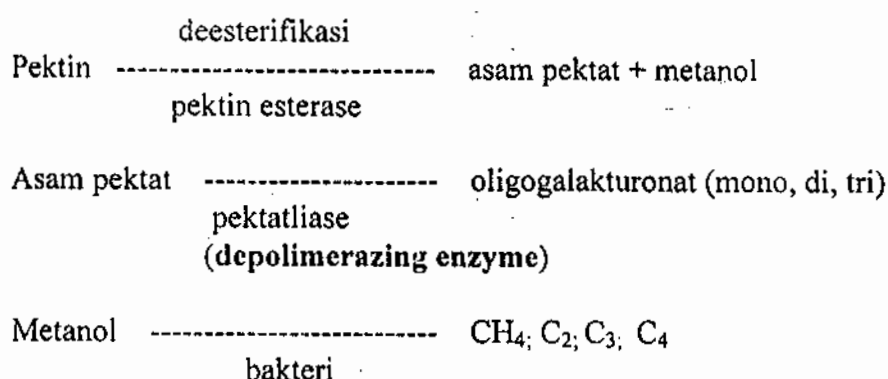
#### **C.1.1.3. Bakteri Hemiselulolitik (Bakteri Pencerna Hemiselulosa) dan Pektinolitik (Bakteri Pencerna Pektin)**

Karbohidrat tak terlarut dari material tanaman adalah hemiselulosa. Hemiselulosa dicerna dalam rumen dan dihidrolisis menjadi silan (xylan). Enam spesies organisme yang memfermentasikan hemiselulosa yang umum terdapat dalam rumen adalah *Eubacterium ruminantium*, *Bacteroides ruminicola*, *Bacteroides amylogenes*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus flavefasciens* dan *Ruminococcus albus*. Kemampuan mencerna hemiselulosa merupakan karakteristik hampir semua strain bakteri selulolitik.

Pektin juga difermentasikan secara cepat oleh bakteri yang telah disebut di atas dan ditambah dengan *Lachnospira multiparus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *B.*



*ruminocola*. Bakteri pektinolitik yang lain adalah *Succinovibrio dextrosolvens*, *Treponema sp* dan *S. bovis*. *Butyrivibrio fibrisolvens* melepaskan enzim ekstraseluler, yaitu oksopektatliase yang memecah pektin pada gugus rantai akhir (terminal end). Bakteri pektinolitik lainnya menghasilkan endopektatliase yang memecah pektin secara acak (Ilustrasi 6).



**Ilustrasi 6. Aktivitas Pektatliase Bakteri Rumen**

#### **C.1.1.4. Bakteri Lipolitik (Bakteri Pencerna Lemak)**

Kelompok bakteri ini berhubungan dengan hidrolisis lemak menjadi gliserol dan asam-asam lemak. Produk fermentasi bakteri dalam kelompok ini adalah asam asetat, propionat, butirat dan suksinat serta gas hidrogen sulfida. Bakteri ini juga mampu memfermentasikan gula, gliserol, ribosa dan fruktosa.

*Anaerovibrio lipolytica* menghidrolisis trigliserida dan fosfolipid menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Lipase yang dihasilkan oleh bakteri tersebut bersifat ekstraseluler dan terikat pada membran sel. Galaktolipid, fosfolipid dan sulfolipid pada tanaman dihidrolisis oleh *Butyrivibrio sp*. Isomerisasi dan hidrogenasi sebagian asam lemak tak jenuh pakan, seperti asam linolenat dan asam

linoleat dapat dilakukan oleh *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Treponema bryantii*, *Eubacterium spp.*, *Fusocillus spp.*, *Micrococcus sp.* dan *Ruminococcus albus*.

#### C.1.1.5. Bakteri Proteolitik (Bakteri Pencerna Protein)

Bakteri dalam kelompok ini mencerna protein pakan atau tanaman untuk mensintesis protein mikrobial yang pada gilirannya digunakan oleh induk semang. Bakteri ini juga memanfaatkan gula-gula. Bakteri ini mampu bertahan hidup dengan memanfaatkan bakteri lain jika tidak ada atau kekurangan substrat. Peningkatan konsentrasi  $\text{NH}_3$  pada ternak yang belum diberi pakan biasanya disebabkan karena adanya bakteri ini yang bertipe sitoklastik (*cytotoxic*).

Bakteri proteolitik dibedakan menjadi 2, yaitu yang tidak membentuk spora dan yang membentuk spora. Bakteri yang membentuk spora antara lain adalah *Proteus spp.*, *Corynebacterium* dan *Micrococcus*. Sedangkan bakteri proteolitik yang membentuk spora adalah *Lachnospira multiparus*, *Bacteroides succinogenes*, *Eubacterium ruminantium*, *Aerobacter aerogenes*, *Bacteroides ruminicola*, *Lactobacillus fermenti*, *Streptococcus elsdenii* dan *Pepto-streptococcus elsdenii*.

#### C.1.1.6. Bakteri Methanogenik

Bakteri dalam kelompok ini juga menyerang asetat, propionat dan butirat; namun kegiatan ini tidak terjadi di rumen. Keberadaan bakteri ini hanya dalam jumlah yang kecil. Organisme utama yang bertanggung jawab terhadap produksi gas metana dalam rumen adalah *Methanobacterium ruminantium*. Bakteri ini tumbuh dengan hidrogen dan  $\text{CO}_2$  sebagai sumber energi dan mengkonversikannya menjadi gas metana dan air.

#### C.1.1.7. Bakteri Ureolitik

Amonia dihasilkan dari deaminasi asam amino yang dilakukan oleh *Bacteroides ruminicola*, *Megasphaera elsdenii*, *Selenomonas ruminantium* dan beberapa spesies *Butyrivibrio*. Banyak bakteri rumen lebih membutuhkan amonia ( $\text{NH}_3$ ) dibanding asam amino atau peptida sebagai sumber nitrogen. Deaminasi oksidatif asam amino valin menjadi isobutirat; leusin menjadi isovalerat dan isoleusin menjadi 2-metilbutirat serta  $\text{CO}_2$  merupakan proses yang sangat penting sebab asam lemak rantai cabang tersebut merupakan faktor esensial bagi pertumbuhan banyak bakteri rumen.

Amonia dapat pula dihasilkan dari hidrolisis urea, baik yang berasal dari pakan dan saliva (darah). Bakteri ureolitik ini mempunyai aktivitas proteolitik yang sangat tinggi dan populasinya kurang lebih 5% dari total bakteri rumen.

Bakteri dalam kelompok ini hanya menggunakan amonia dan nitrogen urea yang terdapat bersama saliva, darah dan substansi nitrogen bukan protein (NBP = NPN = non protein nitrogen). Sel-sel bakteri ini dimanfaatkan oleh induk semang. Bakteri yang termasuk dalam kelompok ini adalah *Succinivibrio dextrinosolvens*, sebagian strain *Selenomonas*, *Bacteroides ruminicola*, *Ruminococcus bromii*, *Butyrivibrio*, *Treponema*, *Bifidobacterium*, *Lacto-bacillus bifidus*, *Bacteroides amylophilus* dan *Proteus mirabilis*.

#### C.1.1.8. Bakteri Pengguna Sulfat

Mikrobia rumen yang mendekomposisi selulosa dan memanfaatkan nitrogen urea juga membutuhkan sulfur yang dipenuhi dari sulfat. Sulfat di dalam rumen direduksi menjadi sulfid yang selanjutnya digunakan dalam pembentukan asam amino. Kegiatan itu dilakukan oleh *Clostridium nigrificans*, *Lachnospira multiparus* dan *Bacteroides spp.*

#### C.1.1.9. Bakteri Pengguna Gula Sederhana

Semua bakteri rumen yang mendegradasi karbohidrat kompleks juga mampu memfermentasi beberapa gula sederhana. Beberapa bakteri selulolitik seperti *Ruminococcus flavefaciens* tidak dapat memfermentasi glukosa, tetapi secara efektif dapat memanfaatkan (mendegradasi) selobiosa. Bakteri tersebut mempunyai enzim selobiosa fosforilase yang bisa memberi keuntungan energi bagi bakteri tersebut dalam memfermentasi selobiosa daripada glukosa. Demikian pula dengan enzim sukrosa fosforilase dan maltosa fosforilase yang dapat ditemui pada bakteri rumen lain.

*Treponema bryantii* dapat ditemui bekerjasama dengan spesies bakteri selulolitik (*Bacteroides succinogenes*). Bakteri ini menggunakan gula dan selulodekstrin yang dilepaskan selama degradasi selulosa. Bakteri *Lactobacillus vitulinus* dan *Lactobacillus ruminus* dapat ditemui pula sebagai pengguna dalam rumen. Bakteri-bakteri tersebut banyak ditemui jika ransum ternak tinggi kandungan bijinya.

#### C.1.1.10. Bakteri Pengguna Senyawa Asam Antara

Bakteri ini akan memfermentasikan produk akhir yang dihasilkan oleh bakteri lain dalam rumen. Asam-asam dalam rumen yang difermentasi antara lain asam laktat, suksinat dan format. Asam laktat akan difermentasi juga menjadi asetat, propionat atau asam lemak lain oleh bakteri *Megasphaera elsdenii* dan *Selenomonas ruminantium*.

### C.1.2. Kelompok Bakteri Berdasarkan Kebutuhan Oksigen

Bakteri dalam kelompok ini diklasifikasikan menjadi 2, yaitu bakteri anaerob-fakultatif dan anaerob.

#### a. Bakteri Anaerob-Fakultatif

Beberapa spesies bakteri anaerob-fakultatif telah dapat diisolasi dari rumen. Yang termasuk dalam bakteri kelompok ini adalah yang berasal dari genera *Flavebacterium*, *Pseudomonas*, *Proteus* dan *Micrococcus* yang terdiri dari :

1. Bakteri *Coliform*
2. Kelompok bakteri *Bacillus*
3. *Propionibacteria*
4. *Lactobacillus*
5. *Streptococcus*

#### b. Bakteri Anaerob

Bakteri anaerob masih dibedakan menjadi 3, yaitu bakteri yang membentuk spora, tak membentuk spora dan kokus (*coccus*)

##### 1. Bakteri anaerob yang membentuk spora :

- *Clostridium*

##### 2. Bakteri anaerob yang tak membentuk spora :

- |   |   |
|---|---|
| - <i>Lactobacilli</i>                   | - <i>Butyrivibrio</i>                   |
| - <i>Ramibacteria</i>                   | - <i>Bacteroides</i> penghasil butirrat |
| - <i>Eubacteria</i>                     | - <i>Fusobacteria</i>                   |
| - <i>Methanobacteria</i>                | - <i>Succinovibrio</i>                  |
| - <i>Lachnospirae</i>                   | - <i>Desilfovibrio</i>                  |
| - <i>Bacteroides</i> penghasil suksinat | - <i>Selenomonas</i>                    |
| - <i>Amylophilus</i>                    | - <i>Borelia</i>                        |
| - <i>Succinomonas</i>                   |   |

### 3. Kokus :

- *Peptostreptococci*
- *Ruminococci*
- *Veillonelliae*

#### C.1.3. Kelompok Bakteri Berdasarkan Morfologi

Kelompok yang berbeda dari bakteri yang ada dalam rumen secara morfologi dibedakan menjadi bakteri berbentuk benang (**rod**), kokus (**coccus, cocci**), spiral (**spirillum**) dan koma (**vibrio**). Populasi bakteri berbentuk kokus adalah yang paling dominan dan jumlahnya berkisar antara 50 - 89%, diikuti oleh bakteri berbentuk benang (45 - 70%), bakteri berbentuk spiral (0 - 5%) dan bakteri berbentuk koma (0 - 4%).

Variasi jumlah, utamanya tergantung pada tipe pakan. Pakan kaya akan protein dan kaya akan konsentrat menyebabkan meningkatnya populasi bakteri berbentuk benang dan menurunkan populasi bakteri berbentuk spiral. pakan yang berasal dari jenis leguminosa menyebabkan meningkatnya populasi bakteri berbentuk benang dan kokus, tetapi menurunkan populasi bakteri berbentuk spiral dan koma.

#### C.2. Protozoa

Protozoa di dalam rumen secara makroskopis dapat diidentifikasi melalui beberapa kriteria, yaitu :

- a. Menurut bentuknya, ada beberapa protozoa bertipe **spherical, ovoid, ellipsoidal, elongate** atau **asymetrical**.
- b. Berdasar lokasi silia, maka ada :
  - letak silia ada di seluruh permukaan sel

- letak silia hampir di seluruh tubuh
- silia terletak pada bagian anterior dan posterior atau silia hanya terletak di ujung anterior
- c. Ada yang mempunyai vakuola dan ada pula yang tidak mempunyai. Ada beberapa protozoa yang mempunyai vakuola lebih dari satu.
- d. Ada yang mempunyai operkulom dan ada yang tidak.
- e. Ada yang mempunyai **skeletal plate** dan ada yang tidak. Bentuk **skeletal plate** ada yang lebar, ada yang sempit.
- f. Makronukleus, ada yang berbentuk **spherical, ellipsoidal, rod shape** dan **more complicated**.
- g. Lokasi mikro nukleus ada yang terletak dekat makro nukleus, ada yang terletak di bagian anterior, tengah atau posterior makro nukleus.

Protozoa rumen utamanya terdiri dari siliata (*ciliates*) dan sejumlah kecil flagelata (*flagillates*). Spesies utama flagelata rumen adalah *Callismatix frontalis* dan *Monocercomonas ruminantium*. Spesies yang lain adalah *Tetratrichomonas sp*, *Pentatrichomonas hominis* dan *Monocercomonas bovis*.

Siliata termasuk dalam subkelas *Euciliata* dan 2 ordo *Holotricha* dan *Entodinomorph*, terdapat dalam jumlah yang melimpah dalam rumen. Siliata adalah bakteri yang asimetris karena mempunyai permukaan yang berbeda. Siliata rumen tidak terdapat di alam, kecuali pada rumen dan intestin ternak herbivora.

### C.2.1. Sifat Umum Protozoa Rumen

Protozoa di dalam rumen mempunyai beberapa sifat atau kriteria, yaitu :

- a. Jumlah populasi kurang lebih  $10^4$  -  $10^6$  per gram cairan rumen.
- b. Tidak membentuk cyste. Perkembangbiakan dapat melalui 2 cara, yaitu asexual (binaryfussion) atau sexual (conjugation).

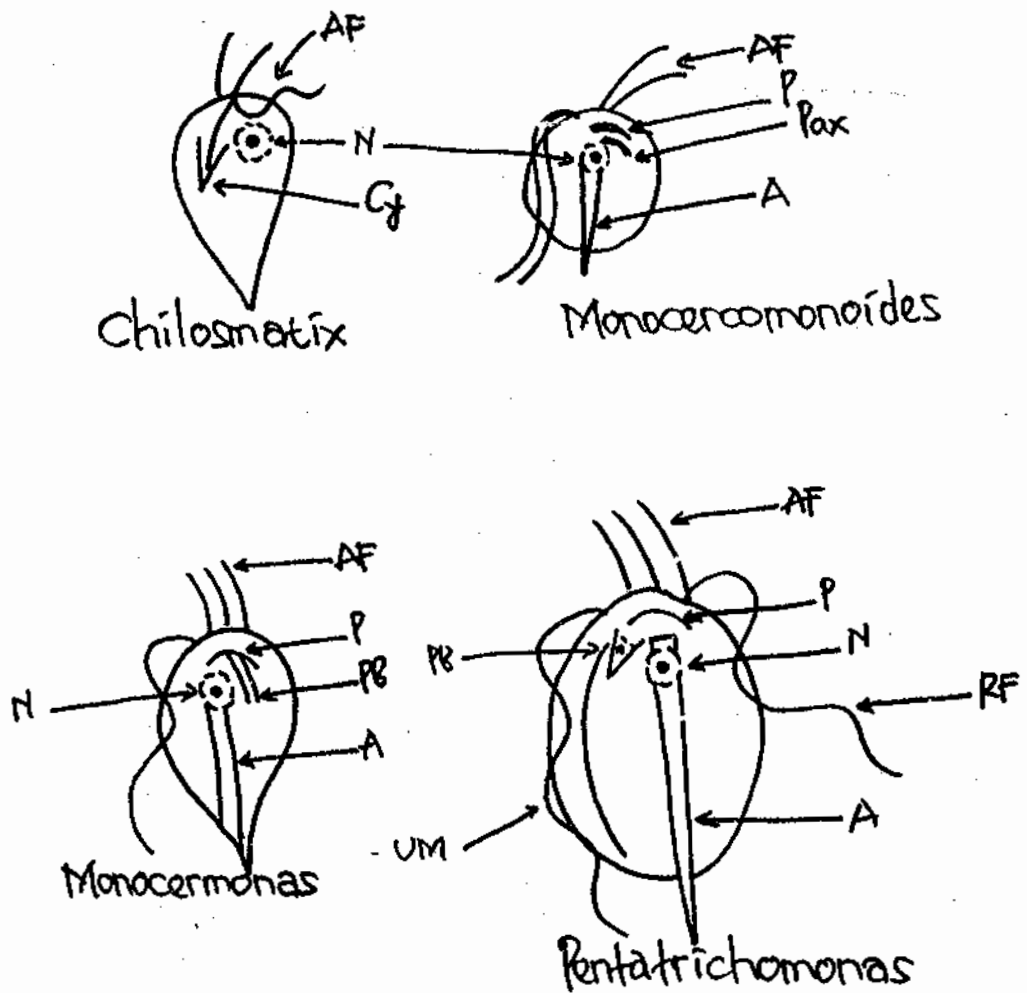
- c. pH optimal bagi aktivitasnya adalah 5,5 - 8,0.
- d. Nutrisi atau substrat yang diperlukan adalah glukosa, pati dan CO<sub>2</sub>
- e. Produk utamanya asam lemak mudah terbang.

### C.2.2. Protozoa Berflagelata

Konsentrasi protozoa ini relatif cukup tinggi, berkisar antara  $10^3$  -  $10^4$  sel per ml dan ukurannya pun cukup kecil, yaitu 4 - 15  $\mu$ m. Ada 5 spesies protozoa berflagelata yang dibagi dalam 2 sub phylum. Pembagian phylum tersebut berdasarkan pada ada tidaknya membran (*undulating membrane*) dan struktur dan struktur *micro-tubuler* (*micro-tubuler organization* = *axostyle*). Sub phylum pertama adalah *Metamastigophora* yang dibagi dalam 2 kelas, yaitu kelas *Retortamonades* dengan satu genus *Chilomastix caprae* (tanpa membran dan *axostyle*). Kelas *Oxymonades* juga dengan satu genus, yaitu *Monocercomonoides caprae* (tanpa membran, tetapi mempunyai *axostyle*).

Sub phylum kedua adalah *Parabasala* dengan kelas *Trichomonadea*, yang terdiri dari 3 genus, yaitu *Monocercomonas ruminantium* (tanpa membran dan tanpa *axostyle*), *Tetratrichomonas buttreyi* dan *Pentatrichomonas hominis* (mempunyai membran dan *axostyle*).





*Ilustrasi 7. Protozoa Berflagelata dalam rumen*

*Keterangan :*

*A* = axostyle

*AF* = anterior flagellum

*Cy* = cytostome

*N* = nucleus

*P* = pelta

*Pax* = preaxostyle

*PB* = parabasal body

*RF* = recurrent flagellum

*UM* = undulating membrane

### C.2.3. Protozoa Bersilia

Protozoa bersilia lebih banyak jumlahnya ( $10^5$  -  $10^8$  sel per ml), seringkali jumlahnya 1/2 dari populasi biomassa atau mikrobia rumen. Protozoa jenis ini masuk ke dalam sub phylum *Prostomata*. Berdasarkan atas letak cytostome, sub phylum ini dibagi dalam 2 kelas. Pertama adalah kelas *Prostomatea*. Pada kelas ini letak cytostome di daerah *apical* dan secara langsung terbuka pada permukaan sel. Sebagai contoh pada genus *Buettschila*. Protozoa genus ini mempunyai silia yang seragam dan vakuola yang karakteristik dan dapat dijumpai dalam rumen kerbau.

Kelas kedua adalah kelas *Vestibuliferea* yang terbagi dalam 2 ordo. Ordo pertama adalah *Trichotomastida butschli* atau *Holotricha* dengan 2 famili, yaitu famili *Isotrichidae* dan *Blepharocorythidae*. Pada famili *Isotrichidae*, silia secara seragam menutupi seluruh sel. Ada 3 spesies yang menonjol, yaitu *Isotricha prostoma*, *Isotricha intestinalis* yang ukuran selnya sangat besar ( $100 - 200 \mu\text{m} \times 70 - 120 \mu\text{m}$ , yang berenang atau bergerak secara *helicoid*) dan *Dasytricha ruminantium* yang ukurannya lebih kecil ( $60 - 100 \mu\text{m} \times 30 - 50 \mu\text{m}$ ), mulutnya terletak pada ujung posterior sel. Pada famili *Blepharocorythidae* ada satu spesies, yaitu *Charonina ventriculi*. Ukuran silia lebih kecil dan terletak pada ujung anterior dan posterior sel. Protozoa ini sering dijumpai pada ternak sapi dan kerbau.

Ordo *Holotricha* mempunyai rambut getar (*cilia*) pada permukaan tubuhnya. Jenis ini lebih mampu bertahan hidup meskipun ada oksigen. Konsentrasi yang tinggi pada *Holotricha* menyebabkan kemampuan berenang lebih lama jika dibandingkan dalam konsentrasi *Holotricha* yang rendah. *Holotricha* adalah protozoa yang pertama kali muncul pada ruminansia dewasa dan siap mengasimilasikan karbohidrat.

Spesies yang termasuk dalam ordo ini adalah *Blepharocorys cervicalis*, *Blepharocorys bovis*, *Blepharozum zonatum*, *Bundleia postciliata*, *Blitschlia parva*, *Dasytricha ruminantium*, *Didesmis quadrata*, *Holophyroides ovalis*, *Isotricha intestinalis*, *Isotricha prostoma*, *Polymorpha ampulla* dan *Prorodonopsis coli*.

Ordo kedua adalah *Entodiniomorphida* (*Oligotricha*). Jumlah silia berkurang, umumnya terletak di sekitar mulut. Ada satu famili, yaitu *Ophryoscolecidae* yang terdiri atas beberapa sub familia, yaitu :

- *Entodimidae* dengan 1 genus *Entodinium* yang mempunyai 1 kelompok silia tanpa **skeletal plates**.
- *Diplodiniidae* dengan 2 kelompok silia yang sejajar letaknya di bagian anterior yang dibedakan atas 10 genus.
- *Epidiidae* dengan 2 genus yang telah diketahui, yaitu *Epidium* dan *Epiplastron*.
- *Ophryoscolecinae* dengan 1 genus *Ophryoscolex*.

Tubuhnya tidak dilengkapi dengan rambut getar, tetapi dilengkapi dengan *syncilia* (silia di sekitar mulut dan sitosom). Bentuk makronukleusnya berbeda pada setiap genera yang berbeda. Ordo *Entodiniomorph* tidak bisa berenang secepat ordo *Holotricha*.

Spesies dari ordo *Entodiniomorph* yang pernah diketahui adalah *Galoscolex cuspidatus*, *Cochliatoxum periaetum*, *Cunhaia curvata*, *Cycloposthium dentiferum*, *Diplodinium dentatum*, *Diploplastron affine*, *Ditoxum funinucleum*, *Elytroplastron hegneri*, *Entodinium brusa*, *Entodinium caudatum*, *Enoplastron bovis*, *Eudiplodinium magii*, *Metadinium medium*, *Ophisthotrichum janus*, *Ophryoscolex bicoronatus*, *Ostracodinium dematum*, *Polyplastron multivesciculatum* dan *Tripalmaria dogieli*. Distribusi siliata pada ternak kerbau, sapi dan domba dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Distribusi Siliata Rumen pada Beberapa Ternak Ruminansia**

Siliata	Kerbau	Sapi	Domba
<b>Ordo Entodiniomorph</b>			
1. <i>Caloscolex</i>	+	-	-
2. <i>Cochliatoxum</i>	+	-	-
3. <i>Cunhaia</i>	+	-	-
4. <i>Cycloposthium</i>	+	-	-
5. <i>Diplodinium</i>	+	+	+
6. <i>Diploplastron</i>	+	-	-
7. <i>Ditoxum</i>	+	-	-
8. <i>Elytroplastron</i>	+	+	-
9. <i>Entodinium</i>	+	+	+
10. <i>Enoplastron</i>	+	-	+
11. <i>Eodinium</i>	+	+	-
12. <i>Epidinium</i>	+	+	+
13. <i>Eremoplastron</i>	+	+	-
14. <i>Eudiplodinium</i>	+	+	+
15. <i>Metadinium</i>	+	+	+
16. <i>Ophisthotrichum</i>	+	-	-
17. <i>Phryoscolex</i>	+	+	-
18. <i>Polyplastron</i>	+	+	+
19. <i>Tripalmaria</i>	+	-	+
20. <i>Ostracodinium</i>	-	+	-
<b>Ordo Holotrich</b>			
1. <i>Biitschila</i>	+	-	-
2. <i>Blepharoconus</i>	+	-	-
3. <i>Blepharocory</i>	+	+	-
4. <i>Blepharoprosthium</i>	+	-	-
5. <i>Blepharosphaera</i>	+	-	-
6. <i>Blepharozoum</i>	+	-	-
7. <i>Bundleia</i>	+	-	-
8. <i>Dasytricha</i>	+	+	-
9. <i>Didesmis</i>	+	+	-
10. <i>Holopryoides</i>	+	-	-
11. <i>Isotricha</i>	+	+	+
12. <i>Polymorpha</i>	+	-	-
13. <i>Prorodonopsis</i>	+	-	-

Keterangan : + = ada  
- = tidak ada

### C.3. Oscillospira

Ukuran *oscillospira* lebih besar daripada bakteri. Struktur selnya memperlihatkan adanya filamen-filamen yang membagi sel. Mikrobial jenis ini tidak dapat dikulturkan di luar rumen. sampai saat sekarang ini masih diduga sebagai ragi (yeast), tetapi struktur dinding sel dan komposisinya mirip bakteri gram negatif. Organisme ini dinamakan sebagai *Oscillospira guilliermondii* dan hanya terdapat dalam rumen.

### C.4. Ragi (Yeast)

Peran ragi sampai saat ini belum jelas, tetapi organisme ini terlibat dalam fermentasi gula dan pencernaan selulosa. Sembilan spesies ragi berasal dari 4 genera yang pernah diamati di dalam rumen, yaitu *Candida*, *Trichosporon*, *Rhodotorula* dan *Saccharomyces*.

### C.5. Kapang (Mould)

Fungsi kapang dalam rumen belum diketahui sampai saat ini. Kapang juga jarang ditemukan di dalam rumen. Kapang yang telah diidentifikasi ada di dalam rumen adalah spesies dari *Mucor* dan *Aspergillus*.

## D. Fungsi Mikrobial Rumen

Fungsi utama Mikrobial rumen adalah : 1) mencerna selulosa, pati, pektin, silan, pentosan dan karbohidrat terlarut dalam ransum; 2) mencerna protein dan senyawa nitrogenous dalam ransum; 3) mensintesis protein dan asam amino yang

berasal dari amonia dan 4) mensintesis vitamin yang dibutuhkan oleh induk semang (host) dan spesies mikrobial.

Ternak ruminansia secara absolut tergantung pada mikrobial untuk pemanfaatan selulosa karena selulase yang berfungsi mendegradasi selulosa bukan merupakan enzim yang dihasilkan oleh hewan mamalia. Setelah selulosa dihidrolisis menjadi karbohidrat terlarut, selanjutnya difermentasi menjadi asam lemak rantai pendek dan gas-gas yang segera dapat dimanfaatkan oleh sejumlah besar mikrobial rumen. Rasio selulosa dibandingkan karbohidrat terlarut bervariasi pada bahan pakan yang berbeda. Peranan prinsip fermentasi karbohidrat pertama dimainkan oleh bakteri rumen, sedangkan yang kedua oleh siliata protozoa rumen.

Protein yang dihidrolisis menjadi asam amino pada gilirannya diabsorpsi oleh mikrobial rumen atau dideaminasi dan didekarboksilasi dengan membebaskan asam-asam lemak, sehingga dimungkinkan terjadi oksidasi-reduksi antara **total pool** asam-asam amino yang menghasilkan asam keto, asam lemak, amonia dan  $\text{CO}_2$ . Amonia dimanfaatkan oleh mikrobial untuk mensintesis asam amino dan protein. Nitrat yang ada kemungkinan direduksi menjadi amonia.

Macam-macam vitamin B disintesis dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kekurangan vitamin B yang terdapat dalam bahan pakan bagi ternak ruminansia dewasa. Kekurangan unsur kobal (Co) cenderung menurunkan sintesis sianokobalamin (vitamin  $\text{B}_{12}$ ) oleh mikrobial. Vitamin K juga disintesis di dalam rumen. Karbohidrat mudah dicerna atau **readily available carbo-hydrate (RAC)** merupakan suatu unsur yang sangat esensial untuk sintesis vitamin.

#### **E. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Populasi Mikrobial Rumen**

Meskipun kondisi lingkungan rumen relatif konstan dibandingkan dengan habitat mikrobial di alam, tetapi mikrobial rumen tersebut masing-masing

memerlukan kondisi yang bervariasi. Kondisi yang bervariasi tersebut diciptakan oleh :

- Volume saliva yang disekresikan oleh ternak yang berpengaruh terhadap perubahan kapasitas penyangga (buffer), konsentrasi ion dan tegangan permukaan dari isi rumen.
- Tipe dan status fisik pakan yang digunakan juga berhubungan, tidak hanya oleh komponen karbohidrat dan protein tetapi juga oleh kandungan trace elements dan zat-zat esensial lain yang dibutuhkan oleh mikrobia rumen bagi pertumbuhannya yang optimal.

Beberapa penelitian *in vivo* mengenai komposisi ingesta rumen pada ternak yang diberi pakan 1 atau 2 kali sehari telah sering dilakukan. Pada kondisi tersebut menunjukkan besarnya fluktuasi terhadap nutrisi mikrobia rumen, produk metabolik dan jumlahnya serta aktivitas mikrobia rumen tersebut. Kondisi ini juga akan memperlambat pakan yang dapat dikonsumsi ternak. Pada ternak yang berada di padang penggembalaan, cenderung untuk lebih konstan suplai nutrisinya bagi mikrobia rumen. Mikrobia rumen memperlihatkan adanya keanekaragaman terhadap substrat yang diserang dan hal tersebut tidak mungkin hanya dilakukan oleh satu tipe mikrobia yang menggunakan nutrisi berbeda pada waktu yang berlainan. Fluktuasi ketersediaan nutrisi akan berpengaruh terhadap populasi mikrobia, tidak hanya oleh frekuensi pakan yang masuk tetapi juga tipe dari substrat. Beberapa faktor yang menyebabkan adanya variasi mikrobia dalam rumen, antara lain :

1. Penggembalaan (Grazing)

Jumlah serta macam bakteri maupun protozoa rumen dipengaruhi oleh adanya variasi konsentrasi penggembalaan yang berkaitan dengan ketersediaan nutrisi pada pastura.

2. Pemberian Pakan di Kandang (Stall Feeding)

Macam hijauan dan konsentrat berpengaruh terhadap jumlah dan macam bakteri maupun protozoa dalam rumen. Pada ruminansia dewasa umumnya, kandungan serat yang tinggi dalam ransum akan dijumpai populasi fungi dan bakteri selulolitik utama dalam jumlah yang lebih besar, sedangkan ternak yang mendapat ransum hay lamtoro (legum) sedikit disukai bagi pertumbuhan fungi dan secara nyata hanya ada sejumlah kecil fungi pada ternak yang mendapat ransum gula beet, rumput muda atau biji-bijian (Tabel 7).

Selain itu, ukuran partikel bahan pakan yang diberikan juga ada pengaruhnya. Jumlah dan macam terbanyak dari protozoa biasanya ditemukan pada ternak yang mengkonsumsi ransum berkualitas baik dengan jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dibandingkan dengan ternak yang mengkonsumsi ransum berkualitas rendah. Penggilingan dan pelleting terhadap bahan pakan akan menurunkan jumlah protozoa.

**Tabel 7. Jumlah Spora Fungi dalam Rumen Sapi**

<b>Ransum</b>	<b>Jumlah Spora (10<sup>3</sup> per ml Cairan Rumen)</b>
1. Silase rumput	40
2. Jerami padi	20
3. Silase jagung + konsentrat	8
4. Silase jagung	7
5. Hay lamtoro	6
6. Gula beet (diberikan 6 kali per hari)	1.5
7. Gula beet (diberikan 1 kali per hari)	0.2
8. Gandum	0

### 3. Konsentrasi Garam

Aras garam yang tinggi pada ransum akan menyebabkan penurunan ukuran



dan jumlah protozoa, tetapi meningkatkan jumlah bakteri rumen. Namun demikian, konsentrasi garam juga menghambat pertumbuhan beberapa bakteri dan menjaga bakteri dalam bentuk spora dalam jangka waktu yang cukup lama.

#### 4. Variasi Diurnal

Pengamatan variasi diurnal dilakukan terhadap jumlah mikrobia yang merupakan hasil dari bahan pakan dan air minum yang dikonsumsi. Setelah mengkonsumsi bahan pakan dan air, populasi mikrobia cenderung menurun dan kemudian meningkat lagi. Variasi diurnal menunjukkan penurunan jumlah protozoa setelah pemberian pakan, sementara jumlah bakteri meningkat, tetapi jumlah maksimum dicapai setelah ternak makan.

#### 5. Musim

Pengaruh musim diamati terhadap densitas dan macam siliata. pada awal musim panas, densitas dan tipenya lebih banyak dibandingkan pada akhir musim panas. Telah diamati pula bahwa populasi mikrobia cenderung menurun pada musim semi dan musim dingin. Menurut penelitian yang telah dilakukan, jumlah bakteri ternyata juga lebih banyak pada bulan Oktober dibandingkan pada bulan Mei.

#### 6. Derajat Keasaman (pH)

Protozoa cukup sensitif terhadap keasaman. pH yang rendah menyebabkan terjadinya penghambatan populasi protozoa. Seluruh protozoa akan mati pada tingkat keasaman yang tinggi. pH yang tinggi meningkatkan aktivitas bakteri methanogenik. pH optimum untuk pertumbuhan mikrobia berkisar antara 6,4 - 6,8.

#### 7. Antibiotik

Apabila ternak ruminansia diberi obat-obatan seperti antibiotika atau sulfur, populasi mikrobia rumen akan menurun secara drastis. Meskipun penurunan itu biasanya terbatas pada mikrobia yang bersifat patogen, tetapi secara

umum obat-obatan antibiotika mempengaruhi setiap tipe mikrobia, terutama apabila antibiotika tersebut yang mempunyai spektrum luas.

## BAB III

### KEBUTUHAN NUTRISI MIKROBIA RUMEN

Beberapa kultur isolasi bakteri dan protozoa rumen membutuhkan cairan rumen untuk pertumbuhan dan media pertumbuhan konvensional lainnya seperti ekstrak ragi maupun pepton. *Butyrivibrio* mampu tumbuh tanpa membutuhkan adanya cairan rumen. Bakteri rumen lain yang mampu tumbuh tanpa adanya cairan rumen *Lachnospira*, *Bacteroides amylophilus*, *Succinivibrio*, *Peptostreptococcus* dan *Clostridium locheadii*.

*Ruminococcus* dan *Bacteroides succinogenes* merupakan organisme pertama yang memperlihatkan adanya kebutuhan faktor nutrisi dalam cairan rumen.

Kebutuhan nutrisi mikrobial rumen tersebut adalah sebagai berikut :

1. Asam-asam Lemak

Asam lemak rantai pendek bercabang atau lurus merupakan suatu kebutuhan yang cukup penting. Asam lemak rantai panjang dan rantai pendek digunakan untuk menyusun komponen dinding sel bakteri. Protozoa tidak begitu banyak membutuhkan senyawa organik.

2. Asam-asam Amino

Asam-asam amino tidak dibutuhkan oleh mikrobial rumen karena asam-asam amino ini disimpan dan disintesis oleh bakteri. Produk fermentasi rumen dimanfaatkan untuk pembentukan asam amino leusin.

3. Vitamin B

Vitamin B sangat esensial bagi pertumbuhan mikrobial rumen; sedangkan biotin, asam p-aminobenzoat atau asam folat, thiamin, dan piridoksin dibutuhkan oleh bakteri rumen.

4. Amonia

Amonia sangat esensial bagi hampir semua bakteri dan merupakan stimulator bagi bakteri yang lain, sedangkan bagi protozoa tidak begitu esensial. Lebih kurang 92% mikrobial rumen menggunakan amonia sebagai sumber nitrogen guna sintesis protein tubuhnya. Antara 60 - 90% konsumsi nitrogen per hari dikonversikan menjadi amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan antara 50 - 70% nitrogen bakteri berasal dari amonia.

Kadar amonia optimum guna sintesis mikrobial rumen berkisar 3,57 - 7,14 mM/l atau 20 - 250 mg/l, sedangkan kebutuhan bagi 1 spesies bakteri rumen rata-rata 1,4 mg/l.

**Tabel 8. Vitamin yang Dibutuhkan oleh Bakteri Rumen**

Bakteri	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>B. succinogenes</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>B. amylophilus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. flavefasciens</i>	+	+	+	+	-	+	+	-	-
<i>R. albus</i>	+	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>B. fibrisolvens</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>S. bovis</i>	+	-	-	-	+	+	-	+	-
<i>S. ruminantium</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>S. dextrinosolvens</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>M. elsdenii</i>	+	-	-	+	+	-	-	-	-

## 5. Mineral

Mineral magnesium (Mg), kalsium (Ca), kalium (K), natrium atau sodium (Na), fosfat ( $\text{PO}_4$ ) dan sulfur (S) merupakan kebutuhan umum bagi mikrobial rumen. Selain itu, kobal (Co), tembaga (Cu) dan mangan (Mn) juga esensial tetapi dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit. Kobal (Co) membantu dalam sintesis vitamin B, sedangkan bikarbonat lebih dibutuhkan oleh protozoa dibandingkan bakteri.

Dalam kultur murni, 2 spesies bakteri selulolitik utama dalam rumen, yaitu

Karbohidrat dan gula pakan digunakan dan disimpan sebagai polisakarida sebagai material cadangan bagi protozoa. Bakteri menggunakan gula (sebagai hasil samping fermentasi) sebagai sumber energi untuk proses-proses metabolik.

## BAB V

### METABOLISME ZAT PAKAN DALAM RUMEN DAN ABSORBSINYA

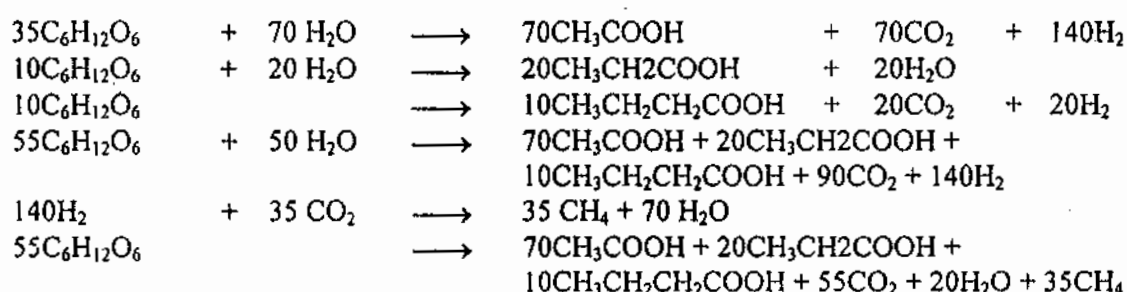
#### A. Karbohidrat

Pakan ruminansia sebagian besar (60 - 75%) terdiri dari karbohidrat. Pakan kasar sebagian besar terdapat sebagai selulosa, hemiselulosa dan lignin, sedangkan dalam konsentrat umumnya terdapat sebagai pati. Selulosa adalah polisakarida yang terdiri dari rantai lurus unit glukosa. Selulosa merupakan bagian struktur tanaman terbanyak dan penting sebagai sumber energi ternak ruminansia. Hemiselulosa merupakan substrat lebih mudah larut dibandingkan selulosa dan merupakan polimer karbohidrat yang terdiri dari bermacam-macam tipe monomer gula sederhana seperti L-arabinosa, D-asam glukoronat, D-galaktosa, D-glukosa dan D-xilosa. Lignin adalah bagian yang mengayu dari tanaman seperti janggol, kulit keras, biji, bagian serabut kasar, akar, batang dan daun yang mengandung substansi yang kompleks dan tidak dapat dicerna. Lignin merupakan suatu substansi yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen akan tetapi perbandingan karbonnya adalah lebih tinggi dari pada yang terdapat dalam karbohidrat.

Polisakarida (pektin, xylan, pentosan, selulosa, polisakarida mikrobial, pati dan fruktosa) di dalam rumen akan dihidrolisis menjadi monosakarida (asam uronat, silosa, arabinosa, glukosa dan fruktosa). Enzim-enzim yang berperan adalah selulase, selobiase, selulase, selobiase, maltase,  $\alpha$ -amilase dan invertase. Fermentasi karbohidrat akan menghasilkan produk primer berupa VFA (**Volatile Fatty Acid** = asam lemak atsiri = asam lemak mudah terbang), terutama asetat (A =  $C_2$ ), propionat (P =  $C_3$ ), butirrat (B =  $C_4$ ) dan valerat (V). Disamping n-

butirat dan n-valerat, terdapat pula isobutirat dan isovalerat. Kadar asam lemak berantai cabang ini umumnya sedikit akan tetapi pada pemberian pakan dengan kandungan protein yang tinggi akan meningkat. VFA terutama yang berantai cabang, esensial bagi pertumbuhan mikroba rumen. Perbandingan VFA secara umum di dalam rumen berkisar 5% valerat, 10% butirat, 20% propionat dan 65% asetat. Produk hidrolisis utama dari karbohidrat adalah glukosa, yang selanjutnya glukosa tersebut akan difermentasikan menjadi VFA.

Hasil analisis kadar VFA cairan rumen, misalnya diketahui perbandingan antara A : P : B = 70 : 20 : 10, maka glukosa yang difermentasikan dapat dihitung sebagai berikut :



Apabila diketahui kandungan energi asetat, propionat dan butirat adalah 209,4; 367,2 dan 524,3 kkal/g molekul; kandungan energi glukosa dan metan adalah 673,0 dan 279,8 kkal/grl; maka jika dihitung energi reaktan dan produk fermentasi tersebut, maka energi reaktan =  $(55)(673) = 37.015$  Kkal.; sedangkan energi dalam produk =  $(70)(209,4) + (10)(524,3) + (35)(279,8) = 34.623$  Kkal. Ternyata terdapat perbedaan sebesar 2.392 kkal atau 6,5% dari energi reaktan yang hilang dari produk. Kehilangan ini dibuang sebagai panas fermentasi.

Dengan cara yang sama akan dapat dengan mudah dihitung jika fermentasi itu misalnya menghasilkan perbandingan A : P : B = 50 : 40 : 10, maka 55 grl glukosa akan menghasilkan produk berikut :  $50\text{CH}_3\text{COOH} + 40\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 10\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + 50\text{CO}_2 + 30\text{H}_2\text{O} + 20\text{CH}_4$ . Dua contoh tersebut terlihat bahwa panas yang terbuang sebagai panas fermentasi adalah sama (6,5%), akan

tetapi terdapat perbedaan besar dalam hal energi yang terbangung sebagai methan. Dalam contoh pertama kehilangan energi sebagai methan adalah 20% sedangkan pada contoh kedua hanya 11%. Kesimpulan yang dapat ditarik dari contoh-contoh tersebut adalah sistem biofermentasi anaerob dalam rumen tidak efisien karena sebagian energi akan terbangung sebagai panas dan methan, dan produksi methan akan minimal apabila kadar asam propionat dalam rumen tinggi.

Efisiensi utilisasi VFA di dalam tubuh juga berbeda, oksidasi asam lemak ini di dalam tubuh akan terbangung di dalam tubuh sebagai panas (**heat increament**). Rata-rata dalam kondisi perbandingan Asetat : Propionat : Butirat = 5 : 3 : 2. Besarnya **heat increament** asal asam asetat, propionat dan butirat berturut-turut adalah 40 - 41; 14 - 18 dan 18 - 19 kkal/100 kkal ME. Asam asetat menghasilkan **heat increament** yang tertinggi. Pembuangan panas sebagai **heat increament** ini akan dapat ditekan jika kadar asam asetat ini dikurangi oleh asam lemak lain, terutama asam propionat. Asam asetat berasal dari pencernaan pakan kasar, sedangkan asam propionat banyak dihasilkan oleh pakan konsentrat. Perbandingan Asetat/Propionat mempunyai arti penting dalam ruminologi. Asetat adalah prekursor bagi pembentukan lemak air susu, karena itu jika Asetat/Propionat rendah, kadar lemak air susu menurun. Sebaliknya jika Asetat/Propionat tinggi maka kadar lemak air susu akan naik. Bagi pembentukan lemak tubuh kadar Asetat/Propionat rendah akan merangsang penggemukan.

VFA hasil fermentasi karbohidrat oleh mikrobia rumen akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi dan untuk membentuk kerangka karbon. Sedangkan bagi ternak induk semang, VFA dimanfaatkan sebagai sumber energi dan kerangka karbon guna biosintesis asam lemak. Metabolisme dari asetat, propionat dan butirat di dalam tubuh juga berbeda. Asetat dan butirat bersifat ketogenik, sedangkan Propionat bersifat glukogenik. Hal ini mempunyai arti penting dalam pencegahan ketosis.



Asam-asam lemak atsiri yang dihasilkan dari proses fermentasi akan diserap ke dalam sistem aliran darah porta terutama melalui dinding rumen. Sejumlah kecil asam laktat juga terserap dari sepanjang daluran pencernaan. Bakteri dan protozoa yang kaya akan polisakarida apabila masuk ke dalam abomasum atau usus halus, akan dicerna dan diserap oleh tubuh ternak.

Asam propionat yang terserap ke dalam tubuh ternak, setelah mencapai hati bereaksi dengan KoASH membentuk propionil-KoA. Senyawa ini mengambil  $\text{CO}_2$  membentuk metil malonil KoA yang kemudian diubah menjadi suksinil-KoA, yang selanjutnya masuk siklus asam trikarboksilat dan menghasilkan 18 ATP. Asam propionat juga dapat diubah menjadi glukosa melalui jalur glukoneogenesis, yang kemudian dapat digunakan untuk membentuk glikogen. Asam propionat sangat penting untuk memelihara kadar glukosa darah. Lebih dari 30% asam propionat yang dihasilkan di dalam rumen digunakan untuk sintesis glukosa.

Asam asetat digunakan untuk membentuk asetil-KoA yang selanjutnya masuk siklus asam trikarboksilat. Oksidasi asam asetat menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  memerlukan 2 molekul ATP dan menghasilkan 10 molekul ATP. Oksidasi asam asetat dalam jaringan hati berlangsung relatif kurang cepat, sehingga tubuh dapat menggunakannya untuk tujuan lain. Misalnya untuk pembentukan lemak susu. Tempat utama oksidasi asam asetat adalah jaringan adiposa dan jaringan otot.

Asam butirat pada saat melewati dinding rumen dan omasum menjadi asam  $\beta$ -hidroksi butirat. Setelah sampai di hati senyawa tersebut dioksidasi melalui siklus trikarboksilat, setelah terlebih dahulu menjadi asetil-KoA. Oksidasi sempurna asam butirat menghasilkan 27 ATP.

## **B. Protein**

Metabolisme protein pada ternak ruminansia relatif lebih kompleks dibanding dengan ternak non ruminansia. Hal ini disebabkan pada ternak ruminansia :

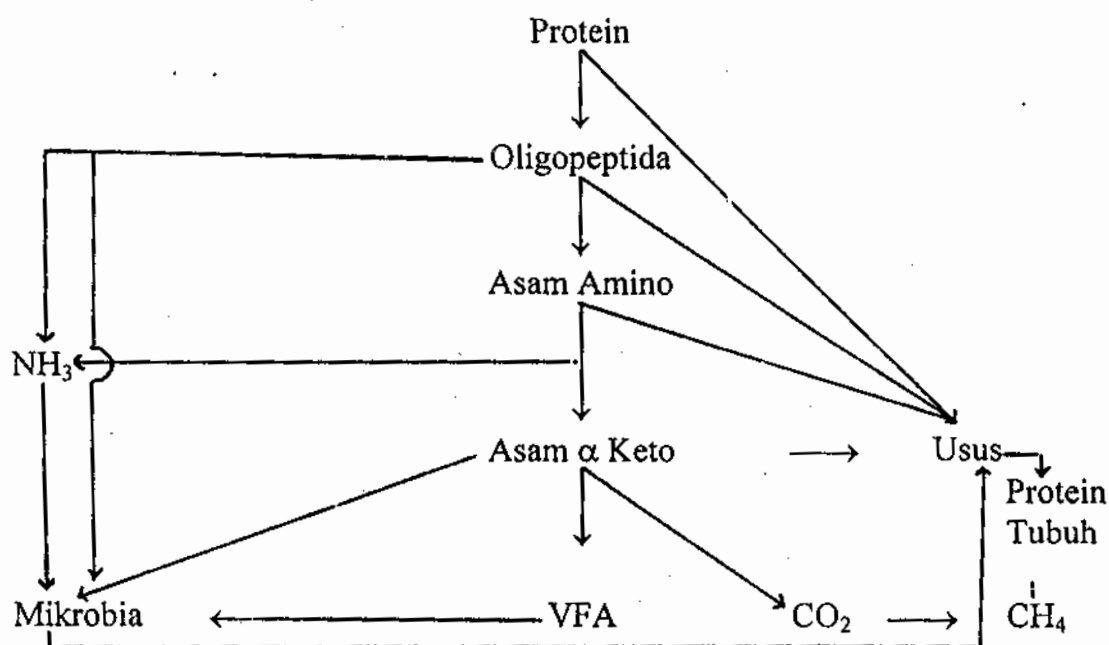
1. Terjadi proses pembentukan protein mikroorganisme pada rumen.
2. Terjadi recycling urea ( $\text{NH}_3$ ) dan asam amino.
3. Terjadi protein bypass rumen.

Ketiga aktivitas tersebut menyebabkan protein pakan pada ruminansia mempunyai konsep yang sedikit berbeda dengan non ruminansia, yaitu :

1. Ruminansia dapat memanfaatkan NPN sebagai sumber protein.
2. Protein berkualitas tinggi harus diproteksi agar tidak didegradasi di rumen.

Pemakaian urea sebagai sumber protein NPN sering menimbulkan masalah. Kunci keberhasilannya adalah dengan pemberian sumber energi. Pemakaian urea perlu disertai dengan penambahan sumber energi yang mudah difermentasi atau **readily available carbohydrate** (= RAC, misalnya molases, pati dsb). Hal ini dimaksudkan agar tercapai kondisi ideal pada saat sumber energi yang dapat difermentasi sama cepatnya dengan urea, sehingga begitu terbentuk  $\text{NH}_3$ , pada saat itu pula telah tersedia produk fermentasi asal karbohidrat yang akan berfungsi sebagai sumber energi dan kerangka (**chasis**) asam amino protein mikrobia.

Protein di dalam rumen akan mengalami hidrolisis menjadi oligopeptida oleh enzim proteolitik yang dihasilkan oleh mikrobia. Sebagian mikrobia dapat memanfaatkan oligopeptida untuk membuat protein tubuhnya. Sebagian lagi oligopeptida dihidrolisis lebih lanjut menjadi asam amino (AA). Kebanyakan mikrobia rumen tidak dapat memanfaatkan asam amino langsung. Hal ini diduga karena mikrobia rumen terutama bakteri tidak mempunyai sistem transport untuk mengangkut asam amino ke dalam tubuhnya. Lebih kurang 82% mikrobia rumen dapat menggunakan N amonia. Karena itu mereka lebih suka merombak asam amino tersebut menjadi amonia.



*Ilustrasi 7. Metabolisme Protein oleh Mikrobia Rumen*

Proses deaminasi asam amino menjadi asam  $\alpha$ -keto dan amonia berlangsung lebih cepat dari proteolisis. Karena itu pada setiap saat kadar asam amino bebas dalam rumen selalu rendah, dapat meningkat 5 - 10 kali pada saat makan, akan tetapi jika dibandingkan dengan N-amonia, jumlahnya tetap kecil. Amonia sebagai hasil deaminasi akan diserap melalui dinding rumen ke peredaran darah porta, yang selanjutnya diubah menjadi urea di dalam hati dan recycling lewat saliva dan kembali ke rumen atau secara difusi kembali dari darah menembus dinding rumen menuju lumen usus (50%) dan ke usus (50%) dan sebagian amonia akan diteruskan atau diekskresikan lewat ginjal sebagai urine. Selain itu amonia juga bersama-sama ingesta akan diteruskan ke omasum lewat reticulo rumen. Amonia juga merupakan sumber protein mikroorganisme rumen karena bersama-sama dengan peptida dan asam-asam amino menyusun protein mikroorganisme.

Bahan pakan yang disajikan ke usus untuk diserap dalam tubuh ternak induk semang berasal dari 3 (tiga) fraksi, yaitu :

1. Protein mikrobial.
2. Protein asal pakan yang selamat dari degradasi di dalam rumen.
3. Molekul kecil asal oligopeptida, asam amino, asam  $\alpha$  keto dan asam hidroksi  $\alpha$  yang mungkin selamat dari degradasi dalam rumen.

Fraksi ketiga untuk sementara boleh dilupakan dulu, akan tetapi yang perlu diperhatikan adalah fraksi 2, yaitu protein yang selamat dari degradasi dalam rumen. Hal ini disebabkan fraksi ini berkisar 20 - 80%, tergantung dari daya larutnya dalam cairan rumen. Oleh karena itu terdapat peluang cukup besar untuk memilih sumber protein bagi ruminansia berdasarkan daya larutnya. Hal ini berkaitan erat antara daya larut protein pakan dengan degradasinya menjadi amonia.

Besar kecilnya fraksi protein yang lolos dari degradasi di rumen sangat tergantung dari beberapa faktor, yaitu :

1. Daya Larut Protein

Kelarutan suatu protein akan berpengaruh kepada proses degradasi protein dalam rumen. Makin besar daya larut suatu protein akan semakin besar pula proses degradasinya. Meskipun tidak selalu terjadi demikian, bila terjadi perubahan pH rumen. Secara umum protein yang kurang larut akan lolos degradasi rumen lebih mudah.

2. Kualitas Protein

Protein pakan yang berkualitas tinggi, baik dengan jalan mengurangi proporsi NPN atau dengan menghilangkan sama sekali atau dengan pemberian asam amino sintesis, akan meningkatkan fraksi yang lolos degradasi. Asam amino sintesis yang mungkin murah dan berguna adalah MHA (methionine hydroxy analog).

3. Pemberian Pakan secara Berulang-ulang

Pemberian pakan secara berulang-ulang akan menyebabkan pakan lepas dari proses fermentasi. Pemberian air yang banyak dan ukuran pakan

relatif besar serta pemberian garam (**salting**) akan mempercepat pakan tidak berada di rumen terlalu lama.

#### 4. Penambahan Zat-Zat Kimia

Penambahan zat-zat kimia, seperti formaldehid, glutaraldehid, glioksal dan tanin, dapat memproteksi zat gizi dari proses fermentasi.

#### 5. Pemanasan Protein

Proses pemanasan secara alam (**natural**) dari protein hingga tidak sampai merusak kandungan nutrisinya dimaksudkan agar kurang terlarut dalam rumen. Akibat pemanasan ini, kelarutan protein akan berkurang

dan mengakibatkan naiknya retensi nitrogen yang berarti akan tersedia lebih banyak untuk produksi.

Nilai hayati (**Biological Value**) protein bahan pakan sangat beragam. Nilai ini akan menentukan berapa banyak protein yang diserap akan dapat digunakan oleh tubuh ternak. Di dalam memilih sumber protein bagi ternak ruminansia, sekurang-kurangnya harus didasarkan pada :

1. Protein tersebut sanggup mendukung pertumbuhan protein mikrobial yang maksimal.
2. Tahan terhadap degradasi dalam rumen.
3. Bernilai hayati tinggi.

Konsentrasi N-amonia sebesar 5 mg% di dalam rumen ternyata sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan mikroba akan N. Kadar amonia di atas nilai tersebut akan diserap rumen dan akhirnya diekskresikan dalam urin. Jadi protein bahan pakan yang terlalu mudah didegradasikan tidak lebih baik dari urea.

Beberapa cara untuk memperkecil degradasi protein dalam rumen :

1. Watering (mempercepat laju pergerakan protein)

2. Salting (hewan akan haus, sehingga banyak minum dan sebagian protein terbawa dari rumen).
3. Cooking (protein menggumpal sehingga daya larutnya turun).
4. Grinding dan Pelleting (menambah **rate of passage**).
5. Penambahan bahan kimia (Formaldehid, asam tannic).
6. Encapsulation.

### C. Lipida

Metabolisme lipida oleh mikroorganisme rumen tidak seperti halnya karbohidrat dan protein. Lemak pada ternak ruminansia berbeda dengan non ruminansia. Perbedaan tersebut antara lain : lemak depo pada ruminansia relatif lebih keras, titik leburnya lebih tinggi, titik bekunya juga relatif lebih tinggi sehingga mudah membeku, struktur asam lemak dengan derajat kejenuhan yang lebih tinggi, asam lemak tidak jenuhnya terdapat dalam konfigurasi trans sehingga lebih stabil dengan ikatan ganda terletak tersebar serta asam lemaknya ada yang beratom C gasal, genap dan berantai cabang.

Sebagian besar lipida/lemak pada hijauan terdapat dalam bentuk gliserida, yang dominan adalah : galaktosil dan gliserol linoleat. Apabila dilakukan analisis, maka komposisi asam lemaknya adalah : 96% linoleat; 2% palmitat dan 2% linolenat.

Pada ternak ruminansia muda, sebelum rumen berfungsi sepenuhnya, proses metabolisme lipida sama dengan ternak non ruminansia. Setelah dewasa, proses metabolisme lipida akan berbeda dengan ternak non ruminansia. Perbedaan-perbedaan tersebut adalah :

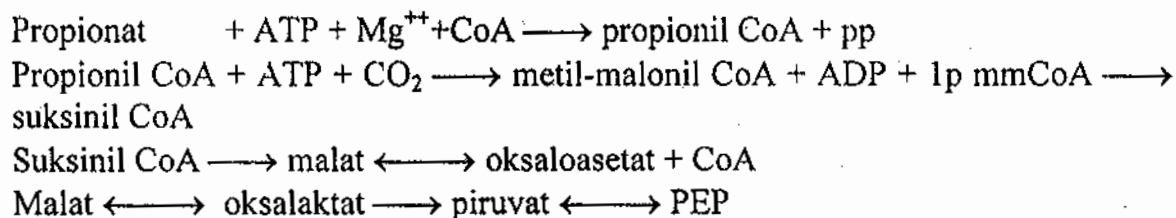
1. Semua lipida pakan (trigliserida, phospholipida dan galaktolipida) mengalami hidrolisis oleh bakteri dan protozoa di dalam rumen.

2. Terjadi proses hidrogenasi asam lemak tidak jenuh, sehingga lipida yang masuk ke usus kecil sebagian besar sudah dalam bentuk asam lemak jenuh dan sedikit monogliserida.
3. Terjadi sintesis mikrobial lipida.
4. Dalam pembentukan micelle, yang berperan sebagai pembentuk lapisan micelle dan sebagai stabilisator adalah bukan monogliserida tetapi lysolechitin.
5. Jalur resintesis trigliserida dalam epitel usus adalah jalur  $\alpha$ -gliserophosphat, bukan jalur monogliserida.

Ternak ruminansia juga tidak dapat mengubah susunan asam lemak cadangan dengan mengubah susunan asam lemak pakan. Terutama tidak adanya  $C_{18} : 3$ . Meskipun pada pakan ternak ruminansia tidak terdapat asam lemak trans, tetapi akan didapati adanya asam-lemak trans. Asam lemak rantai cabang juga terdapat pada ternak ruminansia.

Ternak ruminansia mampu mensintesis enzim yang menghidrolisis lemak yang mencapai rumen untuk diubah menjadi asam lemak bebas dan galaktosil gliserol. Galaktosil gliserol selanjutnya akan dipecah menjadi galaktosa dan gliserol, yang selanjutnya diubah menjadi VFA, terutama propionat.

VFA hasil metabolisme karbohidrat maupun lipida akan diabsorpsi lewat dinding rumen. Asam butirat mengalami oksidasi menjadi asam  $\beta$ -hidroksi butirat. Sedangkan untuk asam asetat tidak mengalami perubahan. Asam propionat mengalami sedikit perubahan di dalam jaringan dinding rumen, yaitu :



Selanjutnya asam lemak yang beredar dalam darah akan menjadi sumber pembentukan asam lemak rantai panjang yang bersama-sama dengan  $\alpha$ -gliserol- $\beta$ -dari glukosa akan menyusun lemak susu.



## BAB VI

### PENGUKURAN PROSES-PROSES DEGRADASI DAN MANIPULASI RUMINAL

Penilaian suatu bahan pakan pada dasarnya dapat dilakukan secara fisik, kimiawi maupun biologi. Penilaian secara fisik dapat dilakukan secara makroskopis maupun mikroskopis. Pada pemeriksaan secara makroskopis dapat diketahui melalui pemeriksaan organoleptis (meliputi warna, tekstur, bau dan rasa), sedangkan pemeriksaan secara mikroskopis dilakukan dengan pemeriksaan tekstur bahan pakan menggunakan peralatan mikroskop.

Penilaian bahan pakan secara kimiawi dapat dilakukan dengan cara analisis proksimat, yang meliputi penentuan kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen. Penilaian bahan pakan berserat (**forage**), dapat dilakukan penilaian dengan menggunakan suatu larutan deterjen menggunakan metoda Van Soest, yang meliputi penentuan kadar NDS (**Neutral Detergent Soluble** = isi sel), NDF (**Neutral detergent Fiber** = dinding sel), ADF (**Acid Detergent Fiber** = bahan yang terlarut dalam deterjen asam), hemiselulosa, selulosa, lignin, kutin dan silika.

Penilaian bahan pakan secara biologi dapat dilakukan dengan metode *in vivo*, *in vitro* maupun *in sacco*. Pada penentuan atau penilaian bahan pakan secara *in vivo* digunakan ternak sebagai materi percobaan. Koefisien cerna bahan pakan dicari dengan jalan menghitung pakan yang masuk dan pakan yang dikeluarkan melalui feses. Untuk mengetahui kapan pengumpulan (**collecting**) feses dimulai, biasanya digunakan suatu indikator (penanda atau **marker**) antara lain berupa karmine, krom oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) maupun ferri oksida. Metoda *in vitro* pada prinsipnya sama dengan metode *in vivo*, tetapi dikerjakan di laboratorium dengan menggunakan tabung-tabung fermentasi yang berisi ransum, saliva buatan

McDougall dan inokulum rumen, yang kemudian diinkubasikan dalam penengas air (*waterbath*) sebagai inkubator yang diatur pada suhu 39°C dengan lama inkubasi tertentu. Metoda *in situ* atau *in sacco*, dilakukan dengan membuat *fistula* (lubang) pada lambung (bagian rumen) hewan. Bahan pakan atau ransum terlebih dahulu dimasukkan dalam kantong-kantong dari bahan nilon (*nylon bag*) yang tidak dicerna oleh mikrobia, kemudian dimasukkan ke dalam rumen melalui lubang (*fistula*) tersebut.

#### A. Pengukuran Proses Degradasi Ruminal secara *In Vitro*

Nilai nutrisi suatu bahan pakan antara lain dipengaruhi oleh kecernaannya. Pada dasarnya pengukuran kecernaan adalah usaha untuk menentukan jumlah nutrisi pakan yang dapat diserap dalam gastrointestinalis dengan membebaskan nutrisi ke dalam suatu bentuk sehingga dapat diserap oleh usus halus.

Metode *in vivo* merupakan metode evaluasi degradasi bahan pakan yang terbaik, tetapi mempunyai beberapa kekurangan diantaranya memerlukan biaya lebih besar, tenaga lebih banyak dan waktu yang lebih panjang.

Sejak diperkenalkan penelitian dengan menggunakan teknik *in vitro* yang memanfaatkan mikroba rumen, berbagai teknik telah dikembangkan. Penelitian secara *in vitro* berkembang sejak ditemukan saliva domba. Teknik fermentasi *in vitro*, dalam perkembangannya bertujuan untuk mempelajari secara kualitatif dan kuantitatif beberapa proses yang terjadi karena aktivitas mikrobia yang merupakan organisme dalam rumen.

Metode *in vitro* merupakan suatu metode pendugaan kecernaan secara tidak langsung yang dikerjakan di laboratorium dengan meniru proses-proses yang terjadi di dalam saluran pencernaan ternak ruminansia. Pada prinsipnya teknik *in vitro* dilakukan dalam dua tahap pencernaan, yaitu : pencernaan struktural atau secara fermentatif oleh mikroba dengan menginkubasikan bahan pakan selama 48

jam dalam cairan rumen yang mengandung buffer dan dalam kondisi anaerob. Kemudian tahap kedua yaitu pencernaan enzimatik oleh larutan asam dan pepsin selama 48 jam seperti kondisi di dalam abomasum. Sistem *in vitro* dibuat harus mirip dengan sistem *in vivo* agar sedapat mungkin menghasilkan pola yang sama.

Teknik *in vitro* mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah dapat mengurangi pengaruh yang disebabkan oleh induk semang, hasil cukup memuaskan dibandingkan hasil *in vivo* dengan hubungan antara pencernaan bahan pakan secara *in vitro* dengan *in vivo* ( $r = 0,8$ ), waktu yang diperlukan lebih singkat, dapat dikerjakan dengan menggunakan banyak sampel pakan sekaligus dan biaya yang diperlukan relatif lebih rendah.

Ketepatan hasil pencernaan *in vitro* dipengaruhi oleh pH cairan rumen, jumlah cairan rumen, jumlah dan ukuran partikel contoh serta suhu inkubasi, dan lama fermentasi. Bahan pakan difermentasikan secara anaerob dalam cairan rumen dan larutan buffer, kondisi fermentasi diupayakan menyerupai fermentasi di dalam rumen. Perubahan pH yang besar harus dicegah dan suhu dibuat konstan antara 39 - 40 °C. Kondisi anaerob dipertahankan dengan penambahan CO<sub>2</sub> dan gerakan rumen dimanipulasi dengan menempatkan sistem fermentasi pada penangas air yang bergerak. Pengukuran proses degradasi ruminal secara *in vitro* memberikan hasil 1 - 2 % lebih tinggi dibanding *in vivo*. Keberhasilan teknik *in vitro* akan tergantung pada koreksi terhadap berbagai sumber kesalahan yang berasal dari variasi dalam yaitu : populasi mikrobial rumen, pH medium, perlakuan sampel dan cara kerja. Kesalahan yang besar dapat disebabkan lewat inokulum oleh karena variasi dalam pemberian pakan kepada ternak yang berfistula, sistem pemberian pakan, waktu putar cairan rumen dan metoda penanganan serta pemrosesan cairan rumen sebelum dipakai.

Kelemahan penetapan degradasi ruminal secara *in vitro* dari suatu bahan pakan adalah :

1. Daya cerna didasarkan atas suatu asumsi bahwa zat gizi yang tidak terdapat di feses adalah habis dicerna dan diabsorpsi, padahal di dalam retikulo rumen diproduksi gas metan yang berasal dari karbohidrat asal bahan pakan dan gas ini hilang dengan jalan eruktasi melalui mulut. Hal ini menyebabkan perhitungan lebih dari sebenarnya dari energi yang dicerna dalam pakan ruminansia.
2. Terdapatnya bahan-bahan yang berasal dari tubuh di dalam feses sehingga zat-zat makanan yang terdapat di dalam feses tidak hanya berasal dari pakan, tetapi sebagian juga berasal dari enzim yang masuk ke dalam saluran pencernaan dan tidak diabsorpsi kembali. Selain itu juga berasal dari bahan yang berupa kikisan sel-sel dinding dari sistem pencernaan. Contohnya ternak yang tidak diberi pakan mengandung nitrogen, tetapi di dalam fesesnya terdapat nitrogen. Hal ini menunjukkan adanya senyawa nitrogen yang berasal dari dalam tubuh, yaitu nitrogen metabolik atau nitrogen endogenous dan juga berasal dari lemak dan mineral metabolik yang dapat menurunkan nilai makanan yang diabsorpsi.
3. Laju rumen ke pasca rumen tidak ada (**rate of passage**) sehingga VFA selalu jauh lebih besar karena tidak diserap dibanding *in vivo*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan pengukuran pencernaan secara *in vitro* adalah :

#### 1. Larutan Penyangga

Meskipun beberapa peneliti telah mendapatkan larutan medium basal dalam mempelajari fermentasi rumen secara *in vitro*, tetapi sebagai standard medium didasarkan pada larutan McDougall, yakni suatu saliva buatan yang ditemukan oleh McDougall berdasarkan analisis saliva domba dengan susunan :  $\text{NaHCO}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ;  $\text{NaCl}$ ;  $\text{KCl}$ ;  $\text{MgCl} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CaCl}_2$

#### 2. Derajat Keasaman

Derajat keasaman (pH) dalam percobaan *in vitro* untuk beberapa zat

makanan mempunyai variasi tersendiri. Untuk selulosa/bahan berserat keasamannya 6,7 - 6,9. pH optimum bagi aktivitas mikroorganisme rumen 6,7 - 7,0. Penyesuaian pH dari asam ke pH 6,9 dapat ditambahkan larutan sodium karbonat, sedang dari basa ke pH 6,9 dapat ditambahkan larutan asam fosfat. Untuk mempertahankan suasana fermentasi anaerob maka perlu ditambahkan gas CO<sub>2</sub>. Penambahan gas CO<sub>2</sub> dimaksudkan pula untuk menurunkan pH.

### 3. Temperatur Fermentasi

Temperatur fermentasi yang sering digunakan untuk aktivitas mikroorganisme rumen berkisar antara 36 - 39 °C, hal ini sesuai dengan temperatur normal dalam rumen. Untuk mempertahankan agar suhu tetap konstan selama fermentasi berlangsung para peneliti menggunakan inkubator penangas air.

### 4. Sumber Inokulum

Sumber inokulum merupakan bagian yang penting untuk mengetahui pencernaan bahan pakan bagi ruminansia dengan teknik fermentasi *in vitro*. Hasil fermentasi mikroorganisme secara *in vitro* diduga akibat beda sumber inokulum. Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sumber inokulum, yakni hewan induk semang dan cara mempersiapkan inokulum. Untuk hewan induk semang perlu diberi ransum yang sama dengan substrat yang akan diselidiki pencernaannya secara *in vitro*. Sedang pengambilan inokulum dapat melalui mulut dengan menggunakan pipa karet (selang) atau pengambilan langsung dari fistula buatan. Perlu diperhatikan tentang kesegaran sumber inokulum dan suhu. Inokulum (cairan rumen) kemudian disaring dengan menggunakan kain kasar atau kain mori.

### 5. Periode Fermentasi

Kecernaan selulosa pada fermentasi dua puluh empat jam lebih rendah dibanding dengan percobaan *in vivo*, tetapi pada fermentasi 48 jam

menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata antara kedua metode (*in vitro* dan *in vivo*). Untuk itu disarankan dalam pengukuran pencernaan bahan kering dan bahan organik bahan pakan dilakukan fermentasi selama 48 jam setiap tahap.

#### 6. Akhir Fermentasi

Berhentinya suatu aktifitas enzimatis dapat digunakan sebagai tanda berakhirnya fermentasi rumen secara *in vitro*. Dalam beberapa hal cukup dengan memindahkan tabung fermentasi dari penangas air kemudian didinginkan. Asam Klorida (HCl 1 N) dapat pula digunakan untuk menghentikan aktifitas mikroorganisme atau digunakan larutan jenuh Merkuri Klorida

#### 7. Prosedur Analisis

Kebanyakan prosedur bertujuan untuk mempelajari sebagian besar materi yang dapat dimodifikasikan agar cocok dipakai untuk analisis fermentasi rumen. Prosedur analisis dalam menentukan pencernaan bahan kering dan bahan organik secara *in vitro* dibagi dalam dua tahap yaitu : tahap fermentatif oleh mikroorganisme dan enzimatis (digesti proteolitik). Pada fermentasi mikroorganisme digunakan inokulum cairan rumen dan larutan penyangga McDougall. Sampel (substrat) yang diteliti dimasukkan ke dalam tabung fermentasi, kemudian diinkubasikan ke dalam penangas air besuhu 38 - 39°C sebagai inkubator. Larutan penyangga dan cairan rumen dimasukkan ke dalam tiap tabung fermentasi. Setelah 48 jam fermentasi dihentikan, kemudian dilanjutkan dengan proses enzimatis (digesti proteolitik). Sampel dalam tabung dipisah dari inokulum dengan menggunakan alat pemusing (*sentrifuge*). Setelah cairan dibuang ditambah dengan larutan pepsin HCl sebagai enzim proteolitik. Pada tahap ini dilakukan pula inkubasi selama 48 jam dan secara periodik tabung digoyang.

Setelah inkubasi 48 jam residu diambil sehingga dapat diketahui pencernaan bahan organik dan bahan kering bahan pakan yang diteliti.

### **B. Pengukuran Proses Degradasi Ruminal secara *In Sacco***

Metode *in vitro* sering dipergunakan tetapi sulit untuk mempertahankan populasi mikroba normal selama pengukuran sehingga hasilnya tidak sebaik bila dibandingkan dengan menggunakan ternak secara langsung. Selain metode *in vivo* dan *in vitro*, pencernaan pakan di dalam rumen dapat diketahui dengan menggunakan metode *in sacco* (nylon bag). Keuntungan penggunaan metode ini adalah besar degradasi dan tingkat degradasi bahan pakan dapat dengan cepat diketahui, sederhana, pakan secara langsung diinkubasikan pada lingkungan rumen ternak, dapat mengevaluasi bahan pakan lebih dari satu dalam waktu yang bersamaan. Metode *in sacco* adalah metode dimana pakan yang diteliti dimasukkan ke dalam kantong berpori yang diikatkan dan ditempatkan ke dalam rumen selama waktu tertentu. Sesudah inkubasi kantong dicuci pada air mengalir dan mesin cuci kemudian ditimbang berat keringnya. Nutrisi yang hilang dari pakan di dalam kantong tersebut sama dengan nutrisi yang terdegradasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi degradasi secara *in sacco* dibedakan menjadi dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal adalah konsentrasi  $\text{NH}_3$ , konsentrasi VFA, pH rumen dan laju partikel pakan keluar dari rumen. Sedangkan faktor eksternal yaitu beberapa faktor yang termasuk dalam faktor metodologi, antara lain : karakteristik pakan yang didistribusikan pada ternak, posisi di dalam rumen, ukuran pori-pori (porositas) kantong nilon, ukuran partikel substrat, perbandingan antara berat substrat dengan permukaan kantong nilon, waktu inkubasi, proses pencucian, jenis ternak yang digunakan serta interpretasi hasil inkubasi.

Faktor internal yang mempengaruhi degradasi secara *in sacco* adalah :

1. Konsentrasi  $\text{NH}_3$

Bakteri dalam mensintesis protein memerlukan  $\text{NH}_3$  yang dibebaskan dalam rumen. Ketergantungan bakteri rumen terhadap  $\text{NH}_3$  dapat terlihat dengan menurunnya perkembangan bakteri dan aktivitas degradasi protein dalam rumen apabila konsentrasi  $\text{NH}_3$  dalam rumen rendah. Peningkatan konsentrasi  $\text{NH}_3$  cairan rumen akan diikuti kenaikan degradasi bahan kering dan pada konsentrasi lebih dari 23,8 mg/100 ml tidak terjadi kenaikan degradasi lagi. Konsentrasi N- $\text{NH}_3$  2,2 - 13,3 mg/100 ml diperlukan untuk perkembangan mikroba rumen. Guna pertumbuhan maksimum mikrobia rumen memerlukan konsentrasi  $\text{NH}_3$  rumen 8,5 mg/100 ml cairan rumen.

2. Konsentrasi VFA

Produk akhir dari fermentasi karbohidrat berupa VFA (**Volatile Fatty Acid**) yaitu asam asetat, asam propionat, asam butirat dan lain-lain. VFA digunakan mikrobia rumen sebagai sumber energi untuk sintesis protein mikrobia. Pemberian pakan konsentrat lebih banyak akan meningkatkan produksi asam propionat sedangkan hijauan akan menghasilkan asam asetat. Penambahan konsentrat juga dapat mempengaruhi kondisi rumen terutama pH dan aktivitas mikrobia rumen.

3. pH Rumen

Aktivitas mikrobia rumen dipengaruhi oleh pH. pH rendah akan menyebabkan suasana rumen menjadi asam sehingga akan menurunkan aktivitas dan populasi mikrobia rumen yang peka terhadap suasana asam dan menghambat proses proteolisis. Degradasi protein berlangsung pada pH 6 - 7, dan apabila pH turun akan mengganggu bakteri selulolitik. pH kurang dari 4,2 atau lebih dari 7,2 akan menyebabkan proses deaminasi tidak dapat berlangsung karena berkurangnya aktivitas mikrobia.

4. Laju Partikel Pakan



Laju partikel pakan keluar dari rumen berhubungan dengan lama tinggal pakan di dalam rumen. Semakin lama waktu tinggal pakan dalam rumen akan menyebabkan degradasinya meningkat.

Faktor eksternal yang mempengaruhi tingkat degradasi secara *in sacco* adalah :

1. Karakteristik Pakan

Pemberian pakan mempunyai pengaruh yang nyata dalam nilai degradasi dari materi pakan yang diinkubasikan. Ternak yang diberi pakan dengan proporsi konsentrat yang tinggi akan mengurangi aktivitas sellulolitik mikrobial dalam rumen karena turunnya pH dibawah 6,2.

2. Posisi Kantong Nilon

Posisi kantong di dalam rumen dapat bergerak bebas dengan jarak 25 cm untuk domba dan 50 cm atau lebih untuk sapi, guna mengurangi variasi degradasi. Pemberat kantong dapat digunakan untuk memastikan bahwa kantong tidak berada di bagian atas rumen. Digesti pakan dalam kantong akan lebih cepat terjadi bila kantong diletakkan dalam rumen bagian ventral. Meskipun sedikit sekali efek atau bahkan tidak ada efek variasi degradasi dari pakan yang ditempatkan pada berbagai posisi di dalam rumen.

3. Porositas Kantong Nilon

Porositas kantong nilon optimum yang digunakan berkisar antara 30 - 53  $\mu\text{m}$ . Ukuran area kantong nilon 140 x 90 mm dapat untuk sampel 3 - g bahan kering. Ukuran kantong dan ukuran sampelnya bisa tergantung pada jumlah residu untuk analisis lanjut. Penggunaan tiga jenis kantong dengan porositas yang berbeda (60 - 90; 40 dan 10  $\mu\text{m}$ ) memberikan perbedaan yang nyata pada kehilangan bahan kering konsentrat pada lima jam inkubasi. Porositas kantong yang lebih besar menyebabkan partikel sampel pakan mudah hilang selama proses pencucian, tetapi bila porositas kurang dari 10  $\mu\text{m}$ , air akan

tertahan dalam kantong karena pori-pori tertutup oleh serat pakan dalam kantong sehingga menyulitkan dalam pencucian.

4. Sampel

Sampel yang dipergunakan adalah sampel kering udara dengan ukuran 1 mm dan bentuk fisik harus homogen. Jumlah sampel yang digunakan untuk tiap kantong nilon adalah 5 g untuk konsentrat dan 3 g untuk hijauan.

5. Waktu Inkubasi

Waktu total yang dibutuhkan untuk mendegradasi sempurna berbeda untuk pakan yang berbeda. Waktu inkubasi untuk sampel pakan protein adalah 2 - 36 jam; sedangkan untuk pakan berserat dapat menggunakan waktu lebih panjang yaitu : 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 jam. Waktu untuk mendegradasi setengah bagian bahan kering berbeda-beda, untuk pakan konsentrat membutuhkan waktu 12 - 36 jam, forage 24 - 60 jam dan pakan serat 48 - 72 jam.

6. Proses Pencucian

Proses pencucian penting karena proses ini ikut menentukan hilangnya partikel pakan. Hilangnya partikel pakan karena pencucian ada 2 macam, yaitu : hilang karena adanya unsur pakan yang mudah larut dalam air dan hilang karena proses pencucian itu sendiri. Untuk pencucian yang baik ditentukan dengan jernihnya hasil cucian yang dilakukan dengan air mengalir.

7. Jenis Ternak

Jenis ternak yang berbeda (domba atau sapi) jika diberi pakan yang sama tidak berpengaruh atau sedikit pengaruhnya terhadap rerata degradasi dari kantong nilon, perbedaannya hanya pada besar kantong serta jumlah kantong yang diinkubasikan dimana kantong yang diinkubasikan pada sapi lebih besar dan jumlahnya banyak dibandingkan dengan domba.

### C. Manipulasi Ruminal Melalui Mikrobial

Tujuan utama di dalam melakukan manipulasi ekosistem mikrobial rumen adalah :

1. Memperbaiki digesti serat

Guna meningkatkan laju dan tingkat degradasi serat, selulosa merupakan target utama untuk manipulasi. Hal ini disebabkan karena selulosa merupakan polisakarida terbanyak di dalam pakan hijauan. Digestinya di dalam rumen berkisar antara 30 - 65 % dan mekanisme serta enzim yang terkait dalam degradasi sudah banyak dikenal. Banyak enzim yang berbeda yang terlibat dalam degradasi selulosa dan enzim tersebut diproduksi oleh banyak macam mikroorganisme baik di dalam maupun di luar rumen.

2. Mengurangi degradasi protein atau memproduksi asam amino

Upaya mengurangi degradasi protein atau memproduksi asam amino lebih sukar untuk dicapai. Untuk mengurangi kebutuhan protein pakan, disarankan bahwa produksi asam amino oleh bakteri rumen ditingkatkan karena asam amino bebas sangat cepat didegradasi di dalam rumen membentuk gen sintetik untuk polipeptid dari asam amino yang dibutuhkan (Lysine, methionine dan threonine).

3. Memodifikasi imbalan produk fermentasi

Imbalan tersebut dicari yang paling cocok untuk kebutuhan ternak, yaitu imbalan antara asetat, propionat dan butirat. Tujuan lain adalah mengontrol konsentrasi laktatnya atau meningkatkan degradasinya.

4. Mencegah aktivitas pertumbuhan dan metabolisme mikrobial yang tidak dikehendaki

Target utama adalah mencegah pertumbuhan atau aktivitas bakteri methanogenik, karena kurang lebih 10% dari energi tercerna pakan hilang sebagai metan.

Manipulasi ekosistem mikrobial rumen dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain :

1. Kloning gen bakteri rumen ke *E. coli*

Semua gen yang diisolasi dari bakteri rumen menyandikan enzim yang terkait dengan hidrolisis dinding sel tanaman, terutama enzim yang terlibat dalam digesti selulosa.

2. Transfer gen ke mikrobial rumen

Aplikasi yang berhasil dalam rekayasa genetika untuk memperbaiki fungsi rumen akan memerlukan perkembangan sistem genetika untuk mentransfer DNA rekombinan ke bakteri resipien yang cocok. Dua kebutuhan pokok adalah : vektor, yaitu plasmid atau bakteriofag yang mampu mempertahankan gen baru dalam sel resipien dan metode transfer vektor tersebut dari sel ke sel.

3. Mutagenesis

Mutagenesis adalah cara lain untuk modifikasi genetika bakteri rumen. Cara ini dipakai untuk mengubah genom bakteri, biasanya dengan penghapusan gen. Mutagenesis dapat dilakukan dengan mutagen kimiawi atau mutagen fisik (ultra violet) atau dengan penggunaan transposon.

#### **D. Manipulasi Fermentasi Rumen**

Manipulasi fermentasi rumen adalah usaha untuk mengubah fermentasi di dalam rumen sedemikian rupa sehingga efisiensi konversi pakan ternak ruminansia diperbaiki. Manipulasi fermentasi rumen ini juga termasuk tujuan yang sangat spesifik tidak berhubungan langsung dengan produktivitas, misalnya detoksifikasi konstituen pakan yang toksik.

Ada tiga cara pokok untuk melaksanakan manipulasi fermentasi rumen, yaitu :

#### 1. Mencegah Proses Tertentu

Tiga proses utama yang perlu dicegah dalam manipulasi fermentasi rumen adalah proses proteolisis, produksi metan dan biohidrogenasi.

- Proteolisis. Kualitas pakan ruminansia secara umum dinilai dari proporsi protein. Digesti protein dalam rumen memerlukan banyak energi. Sebagian besar bahkan hampir seluruh protein pakan akan didegradasi oleh mikrobia rumen. Sehingga apabila ternak ruminansia diberi pakan dengan kualitas protein yang baik hampir sama nilainya dengan apabila diberi pakan dengan kualitas protein pakan yang jelek. Ada inhibitor spesifik untuk enzim proteolitik, tetapi substansi tersebut umumnya toksik. Kebanyakan usaha untuk mengurangi tingkat proteolisis dalam rumen adalah dengan proteksi secara fisik atau kimiawi. Pembahasan mengenai proteksi protein dan asam amino akan dibahas lebih jelas pada akhir dari Bab ini.
- Biohidrogenasi. Sebagian besar asam lemak berantai panjang dalam pakan adalah asam lemak tidak jenuh. Trigliserida biji-bijian mengandung cukup banyak asam linoleik. Asam tidak jenuh ini mengalami hidrogenasi dalam rumen menjadi asam stearat. Biohidrogenasi dari asam lemak tidak jenuh di dalam rumen ini sebenarnya tidak dikehendaki. Penambahan inhibitor spesifik untuk lipase dalam ransum dapat mencegah proses biohidrogenasi.
- Produksi metan. Kira-kira 6 - 10 % energi yang terbentuk dalam proses digesti pakan dalam rumen hilang sebagai metan. Produksi metan tidak dapat sepenuhnya dicegah, hal ini terjadi karena  $H_2$  yang bersifat toksik bagi mikrobia rumen akan diubah menjadi metan ( $CO_2 + H_2 \rightarrow$

CH<sub>4</sub>). Sehingga segala sesuatu yang diusahakan untuk mengikat H<sub>2</sub> akan mencegah produksi metan. Upaya untuk mengikat H<sub>2</sub> antara lain :

a. *Pemberian Nitrat (NO<sub>3</sub>)*

Nitrat dengan adanya enzim nitrat reduktase akan berubah menjadi NO<sub>2</sub>, yang selanjutnya dengan enzim nitrit reduktase dan H<sub>2</sub> akan membentuk Hydroxylamin (NH<sub>2</sub>OH) yang dapat diubah menjadi NH<sub>3</sub>. Perlu diketahui bahwa reaksi antara NO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> dengan bantuan enzim nitrit reduktase hanya berlangsung pada pH rendah (5,3), untuk itu pH rumen diupayakan rendah dengan adanya C<sub>3</sub> yang berasal dari pakan konsentrat.

b. *Penambahan Ionophore*

Ionophore adalah senyawa spesifik pada bakteri methanogenik.

c. *Penambahan Metal halogen*

Metal halogen berfungsi sebagai pembunuh bakteri metan.

2. Mengaktifkan Proses Tertentu

a. *Mengontrol Pola Fermentasi*

Pada umumnya pemberian pakan hijauan yang dominan akan menyebabkan naiknya kandungan asetat sehingga imbalan propionat - asetat turun. Sebaliknya apabila pemberian pakan konsentrat lebih banyak, maka pembentukan propionat meningkat, sehingga imbalan propionat - asetat naik.

Efisiensi fermentasi pakan lebih tinggi bila VFA yang dihasilkan adalah C<sub>3</sub> (efisiensi C<sub>3</sub> = 109.1 vs C<sub>4</sub> = 77.9 vs C<sub>2</sub> = 62.2). Upaya yang dilakukan guna merangsang produksi C<sub>3</sub>, antara lain dengan :

- Menaikkan porsi bijian
- Penambahan **feed additive** (antibiotika) berupa ionophore, yaitu bentuk lipophilic kompleks dengan kation metal, yang berfungsi mentransfer ion tersebut ke dan melalui trans membran biologik.

Ionophore berfungsi meningkatkan nilai efisiensi energi termetabolis dan meningkatkan metabolisme N, meningkatkan produksi  $C_3$  dan menurunkan produksi  $C_2$ , menurunkan produksi laktat sehingga mencegah terjadinya acidosis, menurunkan produksi  $CH_4$ , meningkatkan **rate of passage** serta mencegah terjadinya bloat.

b. *Meningkatkan sintesis.*

Ternak ruminansia mampu mendegradasi pakan yang tidak dapat dicerna oleh ternak non ruminansia. Produk akhir dari degradasi ini adalah asam lemak terbang yang digunakan sebagai sumber energi ternak ruminansia. Asam asetat dan butirat adalah lipogenik, sedangkan propionat glukogenik. Sintesis protein mikrobial dan VFA sangat penting dan perlu ditingkatkan, dalam hal ini ketersediaan protein dalam pakan dan energi.

3. Melindungi Nutrien

Melindungi beberapa nutrien (karbohidrat, protein, lipida) dari degradasi mikrobial rumen perlu dilakukan agar nutrien tertentu tidak hilang percuma.

### E. Proteksi Protein

Kuantitas protein mikrobial yang disuplai menuju usus halus per unit bahan kering pakan yang tercerna, secara nyata harus mencukupi bagi kebutuhan pokok hidup, pertumbuhan ternak yang tidak begitu cepat dan bagi proses kepentingan; namun pada kenyataannya kuantitas tersebut belumlah mencukupi untuk menyokong pertumbuhan ternak yang cepat atau guna produksi yang tinggi. Kuantitas maksimum dari nitrogen non amonia yang mengalir menuju usus pada sapi laktasi sekitar 0,0125 g/Kcal konsumsi energi termetabolismekan. Dengan meningkatkan konsumsi energi termetabolismekan belum memadai

untuk mempengaruhi laju aliran nitrogen non amonia yang menuju ke usus halus per unit energi termetabolismekan baik dari konsumsi pakan konsentrat maupun pakan berserat. Karenanya total konsumsi energi termetabolismekan merupakan regulator utama bagi kuantitas nitrogen non amonia yang mencapai usus halus. Hal ini tidaklah mengherankan karena konsumsi energi dan sintesis protein mikrobial sangatlah berkaitan erat.

Kebutuhan asam amino pada ternak ruminansia, khususnya ternak sapi perah, lebih besar bila dibandingkan dengan kuantitas suplai asam amino pakan yang berhasil lolos dari fermentasi rumen ditambah kuantitas protein mikrobial secara alamiah yang mencapai usus halus, sehingga dengan melindungi protein atau asam amino pakan sangatlah bermanfaat. Metoda yang lazim diterapkan bagi peningkatan suplai asam amino yang mencapai usus halus, yaitu dengan menyeleksi protein pakan berdasarkan kelarutannya di dalam rumen, perlakuan fisik atau kimiawi terhadap protein atau asam amino pakan.

Solubilitas dan degradabilitas dari protein pakan sangatlah beragam. Dengan mengatur ransum sehingga mengandung 10 - 15% dari total konsumsi nitrogen sebagai nitrogen terlarut sudah mampu meningkatkan produksi susu. Namun bila dengan mengatur formula ransum dari bahan-bahan **non treated** yang dimaksudkan untuk peningkatan produksi tambahan maka dalam mengevaluasi ransum hendaklah didasarkan pada degradabilitas protein ransum di dalam rumen. Dalam hal ini membutuhkan pengetahuan tentang faktor-faktor seperti sifat fisik dan kimia dari protein; proses penyusunan dan penyimpanan ransum; **retention time** pakan di dalam rumen; pH, aktivitas proteolitik dari mikroba rumen serta berbagai faktor yang mempengaruhi terhadap degradabilitas protein pakan.

Dengan perlakuan panas (**heat treatment**) terhadap protein pakan mampu merendahkan degradasi protein di dalam rumen, namun belum berhasil dalam meningkatkan produksi ternak. Hal ini disebabkan **over heating** pada protein pakan, yaitu dengan terbentuknya ikatan antara protein dan karbohidrat.



Karenanya, secara komersial **heat treatment** terhadap protein pakan kurang bisa memenuhi sasaran, yang dikarenakan rendahnya respon terhadap produksi ternak dan terjadinya pula perubahan sampingan yang ekstrem.

Perlakuan protein dengan berbagai senyawa kimia dengan nyata merendahkan tingkat degradabilitasnya di dalam rumen. Formaldehida sering digunakan daripada senyawa-senyawa lain, disamping banyak tersedia dan murah harganya juga secara efektif mampu merendahkan degradasi di dalam rumen. Perlakuan yang berlebihan menggunakan formaldehida terhadap silase rumput (6 g/100 g protein kasar) bisa merendahkan aliran protein mikrobial dan asan amino yang menuju usus halus meskipun protein pakan yang lolos dari fermentasi rumen jumlahnya lebih besar. Dengan mengurangi jumlah formaldehida yang digunakan dalam melindungi protein pakan yaitu sekitar 3,5 g/100 g protein pakan dalam silase rumput mampu merendahkan degradasi protein pakan tanpa menekan sintesis protein mikrobial. Hal tersebut dikarenakan nitrogen non amonia pakan dan total nitrogen non amonia yang berhasil melalui usus halus jumlahnya lebih besar dengan tanpa adanya perubahan dari nitrogen mikrobial. Di lain pihak absorpsi dari nitrogen non amonia meningkat sekitar 77%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan dengan formaldehida yang proporsional mampu mengurangi tingkat degradasi protein dalam rumen tanpa menurunkan sintesis protein mikrobial yang akhirnya menghasilkan lebih banyak asam amino yang terserap pada usus halus.

Proteksi protein pakan secara kimiawi membuka kesempatan bagi peningkatan produksi ternak, hal ini dimungkinkan asalkan mekanisme proteksi tersebut layak yang mampu melindungi terhadap degradasi mikroba rumen dengan tanpa menurunkan sintesis protein mikrobial atau tanpa mengganggu proses pencernaan enzimatik pada saluran-saluran pencernaan. Di lain pihak penggunaan berbagai senyawa kimia untuk proteksi tersebut layak disahkan oleh yang berwenang.

## F. Proteksi Asam Amino

Meskipun dengan proteksi protein pakan membuka kesempatan bagi peningkatan total kuantitas asam amino yang mencapai usus halus, namun demikian dalam rangka merubah pola **deodenal digesta** dari asam-asam amino, upaya proteksi tersebut belum memadai. Pemberian pakan dengan protein terproteksi mampu meningkatkan retensi nitrogen dan penambahan bobot badan. Meskipun demikian, bila komposisi asam-asam amino dinormalisasikan ke lysine, perbedaan yang nyata dari komposisi asam amino **deodenal digesta** pada ternak yang mendapatkan pakan dengan protein terproteksi dan tidak terproteksi, yaitu peningkatan methionine dari digesta pada ternak yang mendapatkan pakan dengan protein terproteksi. Karenanya, kemungkinan pengecualian terhadap methionine yang sering dipertimbangkan sebagai asam amino yang keberadaannya terbatas, maka kemampuan pengaruh proteksi protein tidaklah nyata dalam merubah komposisi asam amino dari **deodenal digesta** apabila diterapkan secara rutin pada ternak. Hal tersebut tidaklah mengherankan karena suplementasi protein biasanya hanya mensuplai sebagian kecil fraksi total asam-asam amino yang mampu mencapai di usus halus.

Pengembangan mekanisme pensuplaian satu macam atau lebih asam amino post ruminal bisa berdampak positif, termasuk juga melengkapi asam-asam amino yang keberadaannya terbatas. Proses enkapsulasi asam amino telah banyak dibuktikan mampu melindungi dari proses degradasi rumen. Suplementasi methionine terproteksi kadang-kadang namun tidak selalu meningkatkan produksi ternak ruminansia. Rendahnya respon terhadap perlakuan suplementasi asam amino atau enkapsulasi asam amino sangat bergantung pada tingkat degradasi asam amino terproteksi di dalam rumen, rendahnya pencernaan asam amino di dalam usus halus atau pula **post ruminal digesta** sudah mengandung cukup asam amino sebelum diberikan suplementasi asam amino. Terlebih lagi apabila

suplementasi asam amino terproteksi hanya berupa asam amino tunggal yang hanya mampu meningkatkan produksi dalam jumlah kecil. Karenanya, pengukuran yang valid pada sistem ternak hanya bisa dideteksi apabila keseluruhan respon dari berbagai macam asam amino menampakkkan hasilnya. Meskipun suplementasi asam amino tunggal terproteksi responnya rendah, di lain pihak suplementasi *N-hydroxy-methyl-methionine* ternyata mampu meningkatkan produksi pada sapi perah. Perlakuan suplementasi kombinasi antara *N-hydroxy-methyl-methionine* dan tepung kedelai terproteksi mampu meningkatkan produksi, namun apabila kedua perlakuan tersebut dilakukan secara terpisah maka pengaruhnya lebih rendah. Karenanya dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan ternak ruminansia, khususnya sapi perah, akan berbagai asam amino, perlakuan kombinasi antara protein terproteksi dan asam amino terproteksi merupakan mekanisme yang lebih ekonomis dan layak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Banerjee, G.C. 1987. *Animal Nutrition*. Oxford and IBH Publishing Company, Bombay, Calcutta, New Delhi.
- Chalupa, W. 1984. *Manipulation of rumen*. In : W. Haresign and D.J.A. Cole. (Editors). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Butterworths, London.
- Chesson, A. and E.R. Orskov. 1984. *Microbial degradation in the digestive tract*. In : F. Sundstol and E.M. Coxworth (Editors). *Straw and Other Fibrous By-Product*. Elsevier Sci. Pub., Amsterdam.
- Church, D.C. 1971. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. OSU Book Store Inc., Corvallis, Oregon.
- Crowder, L.V. and Chedda. 1982. *Tropical Grassland Husbandry*. 1-st Ed. Longman Inc., New York.
- Czerkowsky, J.W. 1986. *An Introduction to Rumen Studies*. Pergamon Press, New York.
- Ffoulkes, D. 1986. *Maximizing the effective measurement of digestibility in sacco*. Forages in Southeast Asian and South Pacific Agriculture, ACIAR Proceeding Series.
- Fonty, G. 1991. *The rumen anaerobic fungi*. In : J.P. Jouany (Editor). *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*. Institute National De La Recherche Agronomique, Paris.
- Forano, E. 1991. *Recent progression genetic manipulation of rumen microbes*. In : J.P. Jouany (Editor). *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*. Institute National De La Recherche Agronomique, Paris.
- Frandsen, R.D. 1986. *Anatomy and Physiology of Farm Animals*. 4-th Ed. Lea & Febiger, Philadelphia, Pennsylvania.
- Hungate, R.E. 1966. *The Rumen and Its Microbes*. Academic Press, New York, London.

- Mehrez, A.Z., E.R. Orskov and I. McDonald. 1977. *Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration*. British J. of. Nutr. 38 : 437 - 444.
- Orpin, C.G., G.P. Hazlewood and S.P. Mann. 1988. *Possibilities of the use of recombinant DNA techniques with rumen microorganism*. Animal Feed Sci. Technol. 21 : 161.
- Orskov, R.E., and P.J. McDonald. 1979. *The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage*. J. Anim. Sci. 92 : 429 - 503.
- Orskov, R.E. 1982. *Protein Nutrition in Ruminant*. Academic Press, New York.
- Russel, J.B., and D.B. Wilson. 1988. *Potensial opportunities and problems for genetically altered rumen microorganism*. J. Nutr. 118 : 271.
- Setala, J. 1983. *The nylon bag technique in the determination of ruminal feed protein degradation*. J. of The Sci. Soc. of Finland. 55 : 1 - 78.
- Sutardi, T. 1978. *Ikhtisar Ruminologi*. Departemen Ilmu Makanan Ternak Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor (Tidak diterbitkan).
- Sutardi, T. 1980. *Landasan Ilmu Nutrisi*. Jilid I. Departemen Ilmu Makanan Ternak Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor (Tidak diterbitkan).
- Van Hellen, R.W., and W.C. Ellis. 1977. *Sample container porosities for rumen in situ studies*. J. Anim. Sci. Vol. 44. No. 1 : 141 - 146.